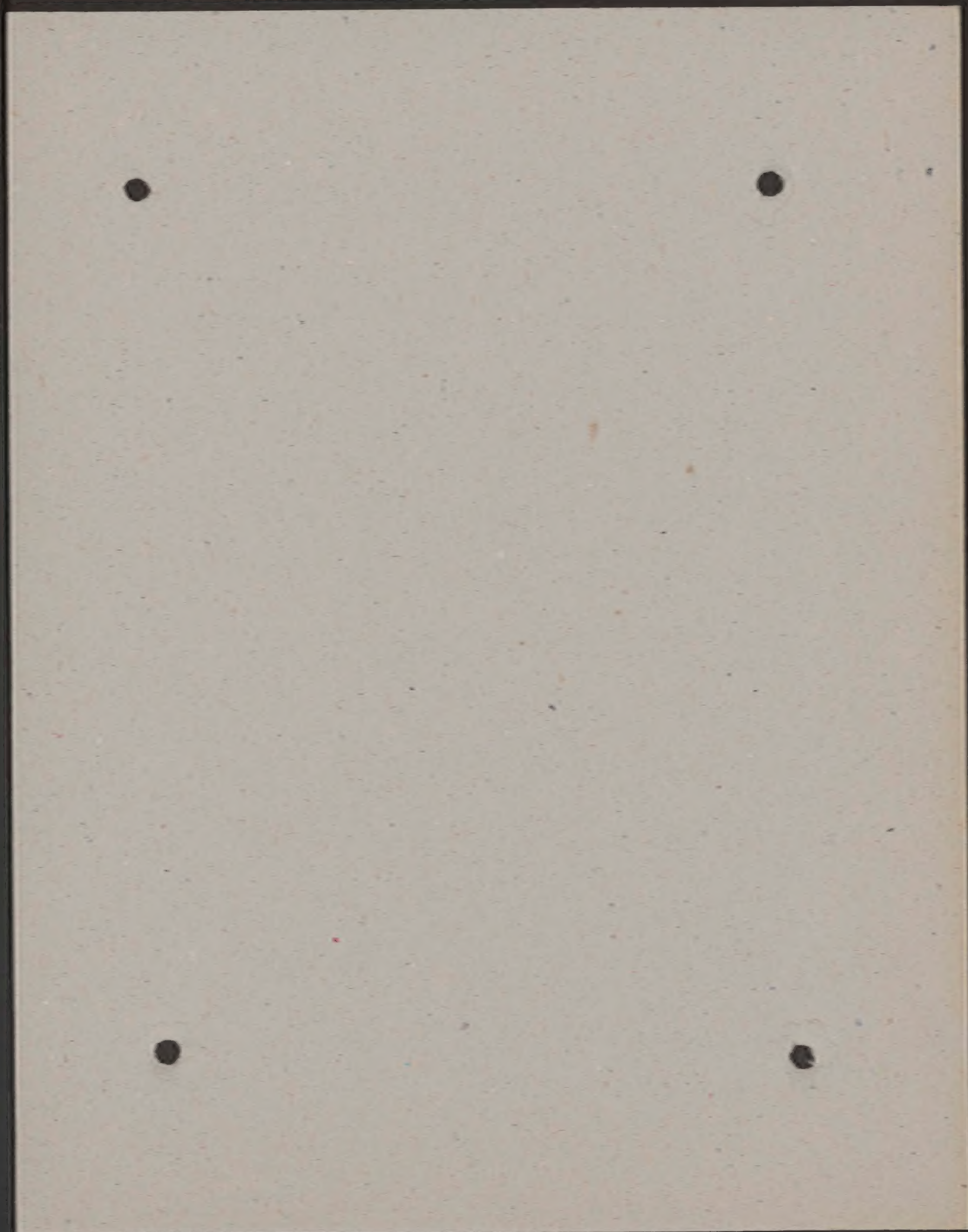


8997

2004. 10. 10

III



202/54

Netunon WT.

Wielomiesci z macki fioletowej

Wielomiesci z macki fioletowej (1701)

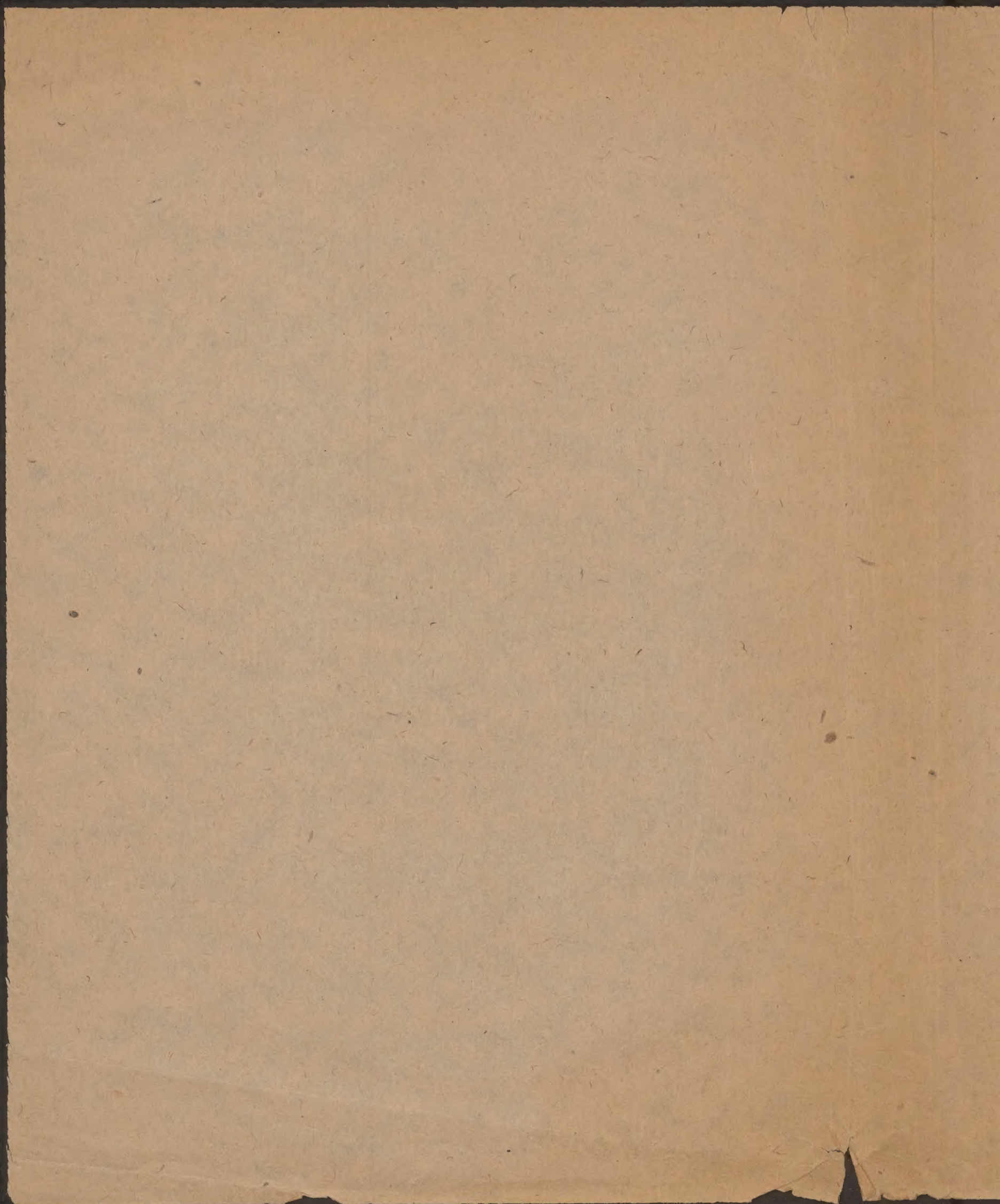
Rel I

opracowanie

R. I - Y - K. I - 1416 / 115-120
(K. I - 1416 - 1417) [K. I - 1416]

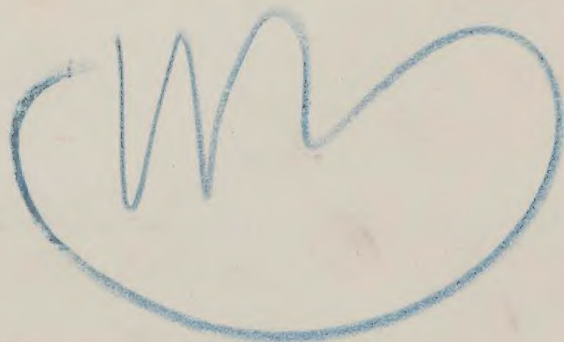
R. VI - K. I - 156, K. I - 162, 163
16-18-0 - 1417-1418 [K. I - 1416]

X

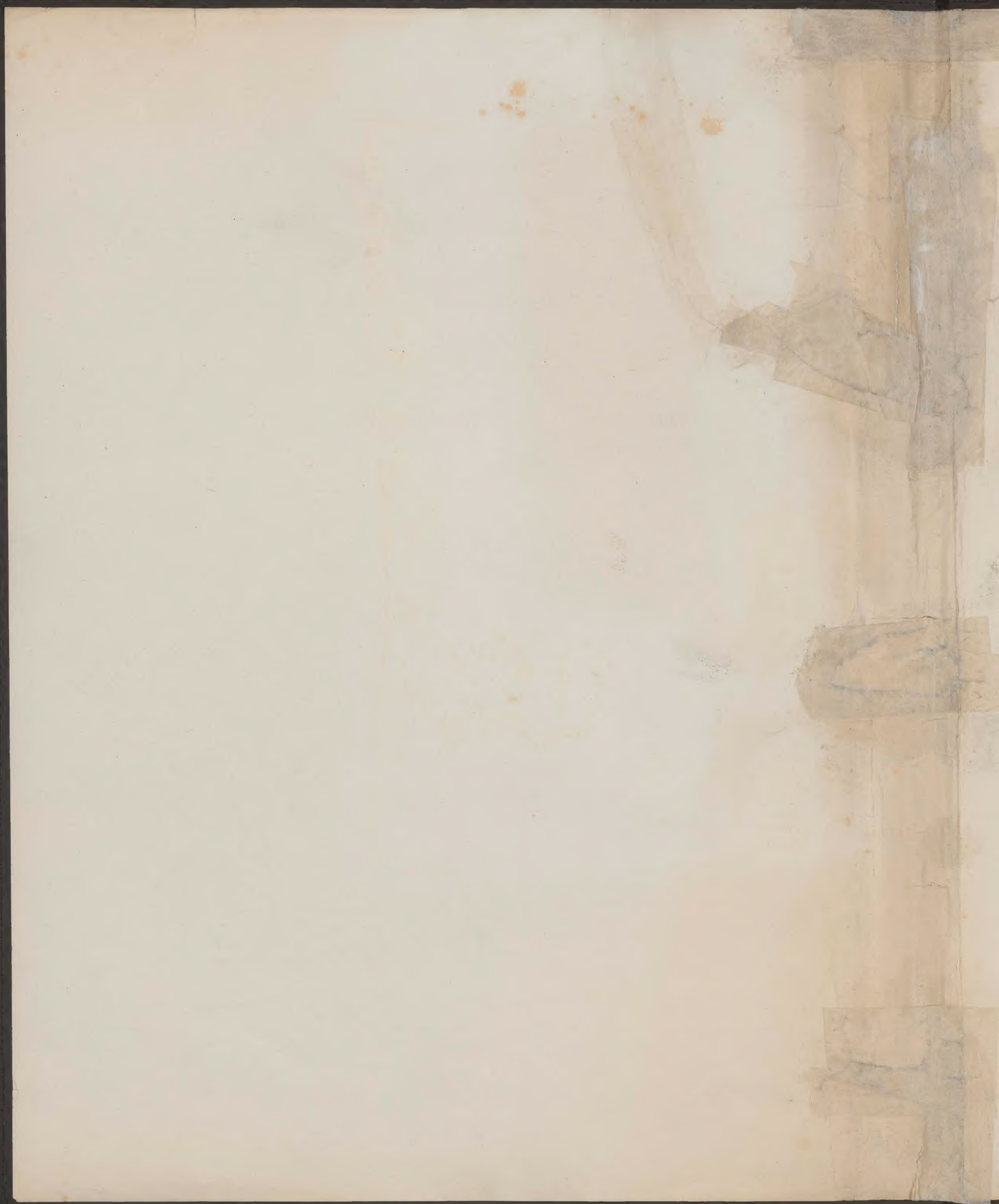


I

ms. h. 8. Watausene



Rozdział I



ROZDZIAŁ PIERWSZY.

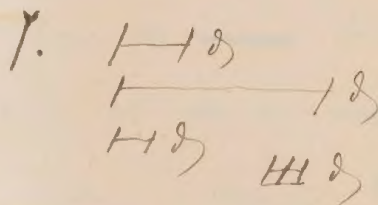
O ruchu. O siłach. O ciężkości. O ciśnieniu.

§ 1. Ciała.

Mamy wciąż do czynienia z różnemi rzeczami czyli przedmiotami; w nauce nazywamy je *ciałami*. Sprzęty nasze naprzykład, naczynia, narzędzia, budynki, odzież nasza, potrawy, napoje, dalej kamienie, rośliny, zwierzęta — są to ciała. Drobne ziarnko piasku jest ciałem, olbrzymia góra jest ciałem. Zarówno kawałek żelaza jest ciałem, jak chmura na niebie, jak dym, uchodzący z komina. Woda, płynąca rzeką, jest ciałem; ciałem jest też powietrze, w którym jesteśmy zanurzeni.

Ciała zajmują i wypełniają miejsce; powiadamy, że każde ciało ma pewną *objętość*. Góra np. ma pewną objętość i ziarnko piasku ma pewną objętość; tylko góra ma znacznie większą objętość. Wnętrze dzbanka ma większą objętość niż szklanka; powiadamy, że dzban ma większą *pojemność* niż szklanka.

Weźmy duży arkusz papieru i niewielki klocek drewniany. Arkusz papieru ma mniejszą *objętość* niż klocek; jeśli włożymy po kolei jedno i drugie do dzbanka pełnego wody, zobaczymy, że klocek wypycha znacznie więcej wody. Ale arkusz papieru ma znacznie większą *powierzchnię* niż klocek; istotnie, możemy klocek owinać papierem i nie tylko raz, ale kilka razy. Dlaczego papier, pomimo znacznej powierzchni, ma nieznaczną objętość? Ponieważ papier ma grubość nieznaczną. Kawałek drutu, równie długi jak ołówek, będzie miał objętość mniejszą niż ołówek, ponieważ jest mniej gruby, czyli ponieważ ma mniejsze poprzeczne *przecięcie* (~~powierzchnię~~ ~~przecięcia~~ ołówka przedstawia nam niezatemperowany jego koniec). Ale bardzo długi drut może mieć taką samą objętość jak ołówek, jeśli mniejsze ~~tych~~ *przecięcie* wynagrodzi znacznie większą długością.





§ 2. Wymiar.

Pokój ma pewną wysokość, szerokość i długość; mówimy, że są to trzy wymiały pokoju. Podobnie piec, stół, szafa, skrzynia, pudełko, i każde inne ciało ma trzy wymiały. Kawałek papieru np., przez szerokość i długość, musi mieć pewną grubość, inaczej runie, złożony ze stu takich kawałków, nie zrobiłby również grubości. Mamy też tafelki lub blaski, których nie mała pewnej, choćby ~~bardzo~~ niezmiernie, grubości.

Sędziwym mogli chodzić po ścianie pokoju, jak mucha, wówczas zmniejsza szerokość pokoju wyśmawiając nam się jego wysokość. Zatem ~~nie~~ trzy wymiały pokoju niezem się wzajemnie pomuszają sobą, nie różnią; nazywamy je wysokością, długością, szerokością, a bytka ze względu na nasze imię w tym pokoju położenie.

Są ciała, które mają między sobą równą wysokość, długość, szerokość; takiemu np. prostopadłościannemu (rys. Pp) Walec (rys. W) ~~nie~~ lub pryzmat (rys. Pr) ma między sobą równą wysokość, ale nie ma między

jednakową szerokość i długość. Kula (rys. K)



§ 4. 0 mierzeniu.

Długość pręta $B = 4$.

§ 5. Jednostki metryczne/

Rys. 1. przedstawia decymetr, podzielony na centymetry i milimetry.



$I = I^0 \text{ cal } (100^\circ \text{C})$ type, i.e.,

↑ 118.

(niezupełnie jednakowo 2tygo

~~Hydroxyacetone~~ (to roasting, 1 a. r. c.)

1. The first part of the paper is devoted to the study of the properties of the function $f(x)$ defined by the equation

10000 7:42 Kilometers





2

Gdy więc chodzi ktoś, biega lub skacze, jest w ruchu; a gdy siedzi lub leży, jest w spoczynku. Kamień, leżący na ziemi, jest w spoczynku. Gdy go podnosimy, jest w ruchu; jeśli go rzucimy, porusza się, dopóki znów nie upadnie na ziemię. Wóz toczy się po drodze; chmury przeciągają po niebie; koło w maszynie się kręci; huśtawka się kołysze, drzewa się chwieją; wszystko to są przykłady ruchu. W sadzawce woda jest zwykle w spoczynku; w strumieniu, w rzece, w wodotrysku — jest w ruchu.

~~... (odríznac' ruck ciat, jako catoni, ať ...)~~

romana punktu koja poručuje ne, ali košo fako caton

~~the above named~~ ~~July~~ 1874, to ~~the~~ ~~the~~ 1875

11/11/1911, 10:30 AM. 1000 ft. ~~under~~ rock, above 1000 ft. level.

fab. callos. nerv. aucy rudem postipovym; Y Sep 1890

Y his measure will not work
~~well~~ well, really.

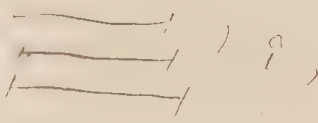
1. ~~Stąd~~ ~~można~~ ~~zrobić~~ ~~pro~~ ~~może~~, ~~powiem~~, ~~to~~ ~~ta~~ ~~prze~~

naše zeznam n. such poradiť i such obrotový, o púde

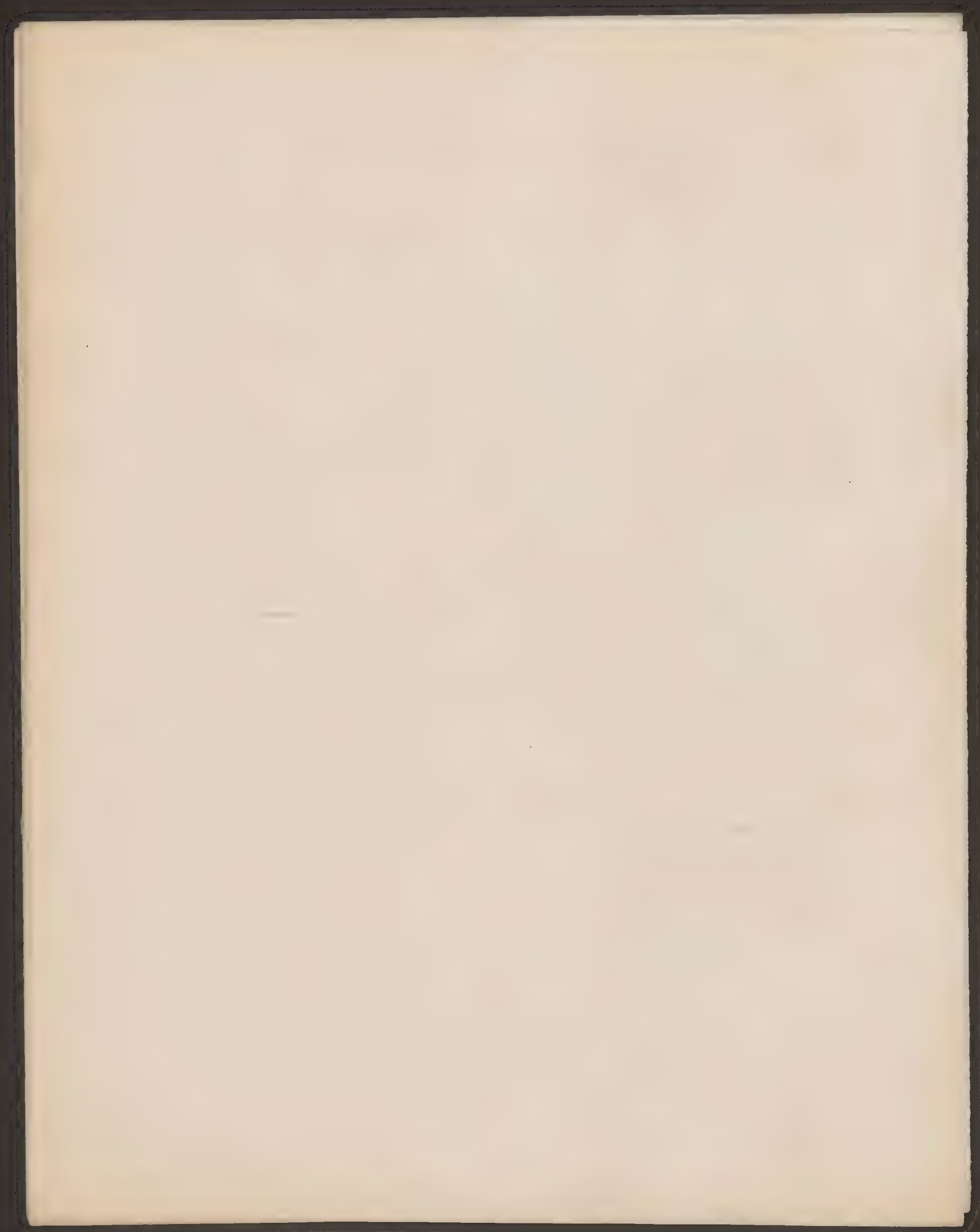
Widzieliśmy powiemy, że ma tylko ruch postępowy.

Każdy ruch odbywa się w jakimś *kierunku*; kamień np., puszczony swobodnie ale nie rzucony, biegnie prosto ku ziemi, czyli *spada*. Idąc prosto przed siebie, odbywamy ruch w kierunku ciągle jednakowym, gdy zaś obchodzimy coś dokoła, ruch nasz ma w każdej chwili coraz to inny kierunek. Ruch wzdłuż jakiegokolwiek linii, prostej czy krzywej, może odbywać się w dwu przeciwnych sobie kierunkach. Pociąg np., stojący na szynach, może poruszać się bądź naprzód, bądź wstecz. Szufiadę można wysuwać i wsuwać. Statki i tratwy płyną po rzece z wodą i pod wodą.

Drogą w języku codziennym nazywamy miejsce, przeznaczone na to, by po niem chodzili ludzie, biegły konie, toczyły się wozy i powozy. Lecz niekiedy nadajemy inne znaczenie temu wyrazowi, gdy np. mówimy: »tędy wypada mi droga« lub »mam daleką drogę do odbycia«. W języku naukowym *drogą* nazywamy linię, po której odbywa się pewien ruch. ~~Kamień, spadając swobodnie, biegnie wprost na dół ku ziemi po drodze prostej pionowej t. j. w kierunku, jaki przybiera sznurzek, na którym zawieszono ciężarek.~~ Kamień, uwiązany na sznurku i obracany około dłoni, porusza się po drodze kołowej. Poruszając szybko w ciemności zapalną tlejącą, widzimy smugę ognistą, którą zapalka zostawia po sobie. Gwiazda spadająca daje ślad świetlny na niebie. Statek, płynąc po jeziorze, tworzy smugę na powierzchni wody. W tych razach *widzimy drogę*, którą odbywała zapalka w powietrzu, gwiazda na niebie lub statek po wodzie. Kiedy piszemy kredą na tablicy, mamy drogę kredy po tablicy w postaci liter i wyrazów.







§ 9. Ruch wymaga czasu.

Żeby ująć kilometr po zwykłej drodze, trzeba mniej więcej kwadransa czasu, czyli 15 minut. Jadąc średnim kłusem końskim, przebywa się kilometr mniej więcej w 5 minut. Pociągowi pośpiesznemu na kolei żelaznej wystarcza na przebycie kilometra jedna minuta. Wystrzelona z działa kula przebiega kilometr w ciągu dwu sekund. Nakoniec ziemia nasza w drodze swej około słońca zużywa na przejście kilometra tylko $\frac{1}{30}$ -tą część sekundy. Można by wystawić sobie, że jakieś ciało pędzi tak, iż przebywa kilometr w czasie jeszcze krótszym, np. w ciągu $\frac{1}{100}$ -ej albo $\frac{1}{1000}$ -ej części sekundy. Ale nie można pomyśleć, ażeby na przebycie kilometra wcale nie potrzebowało czasu; w tej samej chwili ciało nie może być u początku i u końca tego kilometra. *Wszelki ruch wymaga czasu.*

Kiedy pieniądz wypadnie komu z ręki, wydaje się, jak gdyby w tej samej chwili już był na ziemi; lecz tak nie jest. Nietrudno jest pochwycić spadający pieniądz w biegu; zanim więc dobiegnie on ziemi, mamy widocznie czas spostrzedz, co się dzieje i wprawić rękę w ruch, ażeby go pochwycić. Rzeczywiście, pieniądz, puszczonej z odległości półtora metra od ziemi, dobiegnie jej dopiero po upływie przeszło pół sekundy.

§ 10. Prędkość.

Mówi się, że ktoś idzie *prędko*, jeżeli zużywa czas niedługi na przebycie pewnej drogi. Jeżeli kto inny tę samą drogę przebywa w czasie dłuższym, powiadamy, że porusza się mniej prędko czyli z mniejszą *prędkością*. Zatem prędkość ruchu jest tem znaczniejsza, im krótszy jest czas, potrzebny do przebycia pewnej oznaczonej drogi. Kula ziemską, jak wiemy z § 9-go, biegnie prędzej niż pociąg pośpieszny; pociąg prędzej niż powóz; powóz jedzie prędzej, niż człowiek pieszo idzie.

Wypuścimy jednocześnie ze stacyi pociąg pośpieszny i towarowy; po upływie godziny pociąg pośpieszny znacznie wyprzedzi towarowy, t. j. w czasie jednakowym odbędzie drogę dłuższą niż towarowy. Zatem, im prędkość ruchu jest większa, tem dłuższa jest droga, przebywana w jakimś oznaczonym czasie. Kto np. jest ścigany, biegnie jak może najprędzej, bo pragnie przebywać w jednakowym czasie drogę dłuższą, niż ścigająca go pogoń.

§ 11.

§ 11. Prędkość stała i zmienna.

Pociąg, stojąc na stacyi, nie ma wcale prędkości. Kiedy z niej wyrusza, jedzie coraz prędzej, nabiera coraz większej prędkości; tu ruch pociągu jest *przyspieszony*. Rozpędziwszy się należycie, pociąg nie przyspiesza ale też nie zwalnia biegu; porusza się więc z prędkością *stałą*, czyli porusza się ruchem *jednostajnym*. Następnie, zbliżając się do następnej stacyi, na której ma stanąć, pociąg zwalnia biegu, więc zmniejsza swą prędkość. Tu znowu ruch będzie niejednostajny, ale będzie *zwolniony*. A zatem, po

wyruszeniu z pierwszej stacyi prędkość ruchu pociągu jest zmienna, mianowicie zwiększa się; pomiędzy stacyami jest stała a w pobliżu drugiej stacyi znowu jest zmienna, mianowicie zmniejsza się.

10
H jednostajny

11
10 11



Jeśli pociąg, zupełnie rozpędzony i biegnący jednostajnie, przebywa kilometr w ciągu minuty, przebędzie piętnaście kilometrów w ciągu kwadransa, a sześćdziesiąt kilometrów w ciągu godziny. Zatem, czy powiemy, że porusza się z prędkością kilometra na minutę, czy też, że z prędkością sześćdziesięciu kilometrów na godzinę, będzie wszystko jedno, jeśli ruch jest jednostajny. Zupełnie jest inaczej, jeśli ruch nie jest jednostajny. Np., gdy pociąg się rozpędza, nie jest wszystko jedno, czy zważamy drogę, przebytą w ciągu pierwszej minuty, czy drogę, przebytą w ciągu dziesiątej lub piętnastej minuty. W ciągu kwadransa pociąg przebywa wówczas oczywiście daleko dłuższą drogę, niż gdyby był się ciągle poruszał z prędkością, jaką miał w pierwszej minucie; wtw

1, wówczas bowiem prędkość jego jest stała.

10

Przebieg pociągów z Łodzi do Warszawy

Przebieg pociągów z Łodzi do Warszawy, rozpoczyna się o 4^{tej} po południu

z Łodzi; przebył więc odległość pomiędzy Łodzią a War-

szawą czyli 344 kilometry, w ciągu 8-u godzin. Możemy

z pociąg ten porównać z średnią prędkością

43 km na godzinę; ~~prędkość ta jest stała, co jest nie-
prawdą, ponieważ pociąg przyspiesza i zwalnia.~~

~~Prędkość ta jest stała, co jest nieprawdą, ponieważ pociąg przyspiesza i zwalnia.~~

~~Prędkość ta jest stała, co jest nieprawdą, ponieważ pociąg przyspiesza i zwalnia.~~

~~Prędkość ta jest stała, co jest nieprawdą, ponieważ pociąg przyspiesza i zwalnia.~~

~~Prędkość ta jest stała, co jest nieprawdą, ponieważ pociąg przyspiesza i zwalnia.~~

~~Prędkość ta jest stała, co jest nieprawdą, ponieważ pociąg przyspiesza i zwalnia.~~

~~Prędkość ta jest stała, co jest nieprawdą, ponieważ pociąg przyspiesza i zwalnia.~~

~~Prędkość ta jest stała, co jest nieprawdą, ponieważ pociąg przyspiesza i zwalnia.~~

~~Prędkość ta jest stała, co jest nieprawdą, ponieważ pociąg przyspiesza i zwalnia.~~

~~Prędkość ta jest stała, co jest nieprawdą, ponieważ pociąg przyspiesza i zwalnia.~~

~~Prędkość ta jest stała, co jest nieprawdą, ponieważ pociąg przyspiesza i zwalnia.~~

~~Prędkość ta jest stała, co jest nieprawdą, ponieważ pociąg przyspiesza i zwalnia.~~

~~Prędkość ta jest stała, co jest nieprawdą, ponieważ pociąg przyspiesza i zwalnia.~~

~~Prędkość ta jest stała, co jest nieprawdą, ponieważ pociąg przyspiesza i zwalnia.~~

~~Prędkość ta jest stała, co jest nieprawdą, ponieważ pociąg przyspiesza i zwalnia.~~

~~Prędkość ta jest stała, co jest nieprawdą, ponieważ pociąg przyspiesza i zwalnia.~~

~~Prędkość ta jest stała, co jest nieprawdą, ponieważ pociąg przyspiesza i zwalnia.~~

~~Prędkość ta jest stała, co jest nieprawdą, ponieważ pociąg przyspiesza i zwalnia.~~

~~Prędkość ta jest stała, co jest nieprawdą, ponieważ pociąg przyspiesza i zwalnia.~~

43	13000	x
244	10	77
	40	

¶ Gdyby był się poruszał ze stałą prędkością 43 km na godzinę (co jest około 717 m na minutę) byłby przyspieszony z Łodzi do Warszawy dokładnie w tym samym czasie, jakże zwolnić na tej drodze i z powrotem.

podróż bardzo rozmaita, poruszając się z różną prędkością.

prędkość na stacjach, a do najwyższej prędkości pomiędzy stacjami,

gdzie i moment osiągnięcia prędkości, oraz 717 kilometrów na minutę.

(przebiegł więc) w ciągu

z Łodzi do Warszawy, jak jednostka długości, jest pełna druga, raz na raz obraca, np. pełna albo część

pełna, jak jednostka, to jest pełna jednostka, a raz na raz obraca, np. pełna albo 1 cm², jak jednostka

pełna, to jest pełna jednostka, a raz na raz obraca, np. pełna albo 1 cm², jak jednostka

pełna, to jest pełna jednostka, a raz na raz obraca, np. pełna albo 1 cm², jak jednostka

pełna, to jest pełna jednostka, a raz na raz obraca, np. pełna albo 1 cm², jak jednostka

pełna, to jest pełna jednostka, a raz na raz obraca, np. pełna albo 1 cm², jak jednostka

pełna, to jest pełna jednostka, a raz na raz obraca, np. pełna albo 1 cm², jak jednostka

pełna, to jest pełna jednostka, a raz na raz obraca, np. pełna albo 1 cm², jak jednostka

pełna, to jest pełna jednostka, a raz na raz obraca, np. pełna albo 1 cm², jak jednostka

pełna, to jest pełna jednostka, a raz na raz obraca, np. pełna albo 1 cm², jak jednostka





Ciała same przez się nie poruszają się nigdy. Przedmioty w pokoju np. stoją nieruchomo, dopóki ich kto nie popchnie, nie potrąci, nie pociągnie. I nie tylko stoły i szafy stoją nieruchomo, które i nam trudno poruszyć, ale też takie przedmioty, które można wprowadzić w ruch z największą łatwością. Choćby się drzwi np. najlżej otwierały, nie otworzą się one same przez się. Lampa wisząca na sznurze, albo huśtawka, którą poruszyć tak łatwo, pozostawiona sobie, trwa w zupełnym spoczynku. Drzewa i liście na nich, kłosa zboża w polu, które chwieją się i kołyszą za lada podmuchem wiatru, stoją zupełnie nieruchomo w spokojnem powietrzu. Bez pobudzenia zatem, bez podniety z zewnątrz, ciała nie wychodzą ze spoczynku, nie poczynają się ruszać.

To też, gdy chcemy, żeby się jakie ciało poruszyło, dajemy mu do tego podniety. Ciągniemy szufladę, żeby ją wysunąć; popychamy okno, ażeby je otworzyć. Poruszamy huśtawkę, ażeby ją rozkołysać; żeby koło wprowadzić w obrót, naprzemian ciągniemy ku sobie jego korbę i od siebie ją odpychamy. Ciągnienie, pchanie, naciskanie nazywa się w nauce *wywieraniem siły*. Człowiek wywiera siłę zapomocą *mięśni*. Ale nie tylko człowiek ma władzę wywierania *siły*. Kula tocząca się przewraca ~~na~~ kręglach słupki; woda płynąca rzeką porusza młyn wodny; wiatr wznosi kurz do góry, obraca wiatraki, niekiedy zrywa kapelusze z głów a nawet dachy z domów. Sprężyna nakręcona wprowadza kółka zegarkowe w ruch, więc musi je popychać i pociągać podobnie, jak ręka ludzka popycha i pociąga korbę koła, które obraca. Rzeczywiście, jeśli skręcimy sprężynę ręką, albo taśmę kauczukową mocno w rękę wyciągniemy, uczujemy, że sprężyna uciska rękę, że taśma ją ciągnie, zupełnie jak gdyby ktoś ją uciskał lub ciągnął. Próbując młode drzewko zgąć i pochylić ku ziemi, czujemy, że ono opiera się temu i ciśnie na naszą dłoń. Więc sprężyna skręcona, taśma wyciągnięta, drzewko przygięte wywierają siłę; siłę tę nazywamy *siłą sprężystości*.



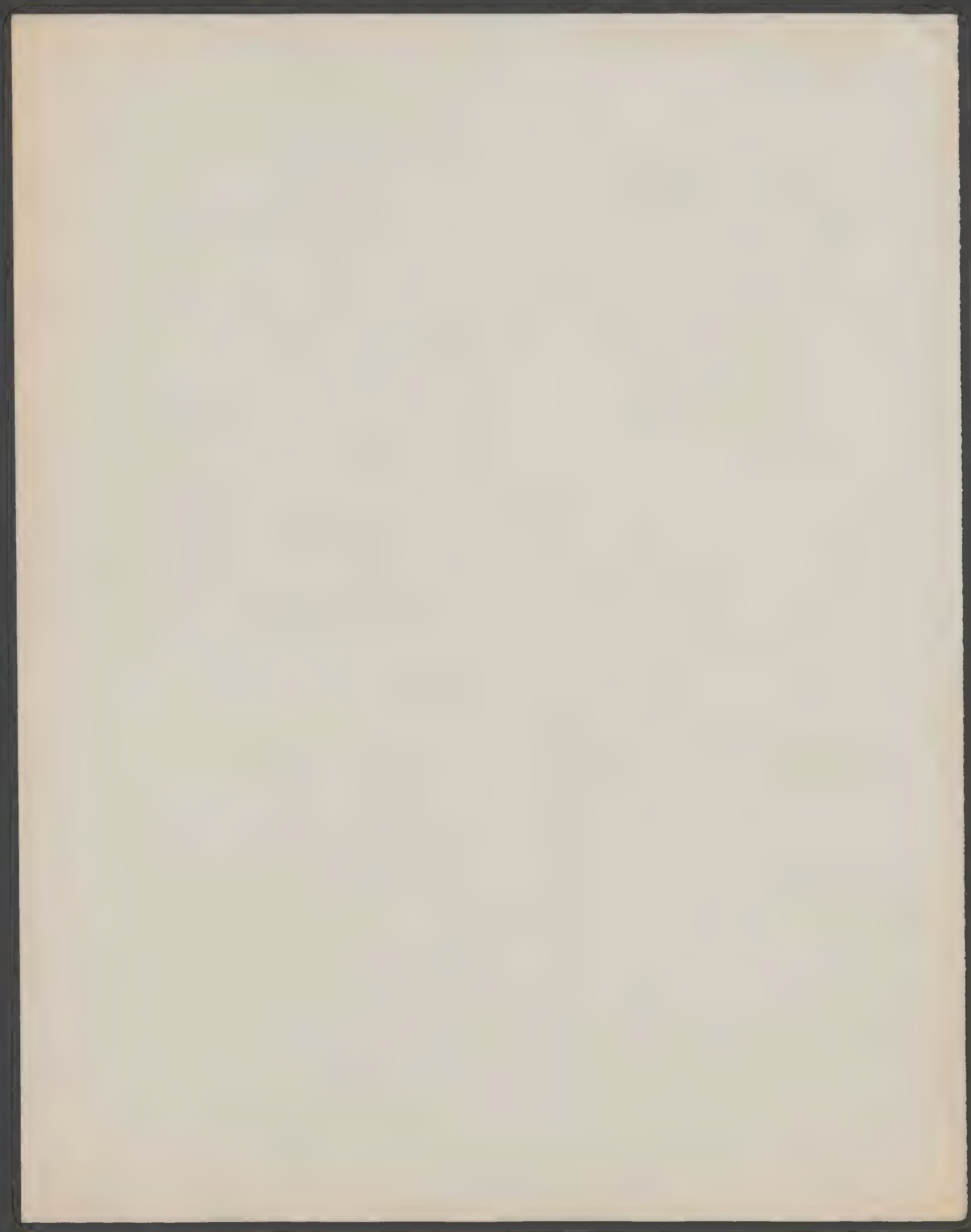
1- + kresle

Formujemy zatem: do wyprawienia jakiegokolwiek ciała ze spowijaku potrzeba jest działania siły.

§ 14. Przeciwstawianie.

Gdyżże naciska, popycha, drwi lub otwiera, przesuwa lampę lub kusiawkę, wyprawia kogo w otwór, czujemy ~~jak~~ jak siły opór nacisku, drzewa, otwiera, otwiera, kosa, lampy lub kusiawki. Widzimy zatem, że, gdy wywieramy pewną siłę, i na nas wywierana jest pewna siła przeciwna. Inaczej mówimy, że działanie nasze na ciało łączy się z przeciwstawianiem, którego od tyłu ciała doznajemy. Każde wyzłe działanie łączy się, w podobny sposób, z przeciwnym mu przeciwstawianiem.

Przeciwstawianie możemy wykazać wieli sposobami. Ponieważ się np. w kusiawce,

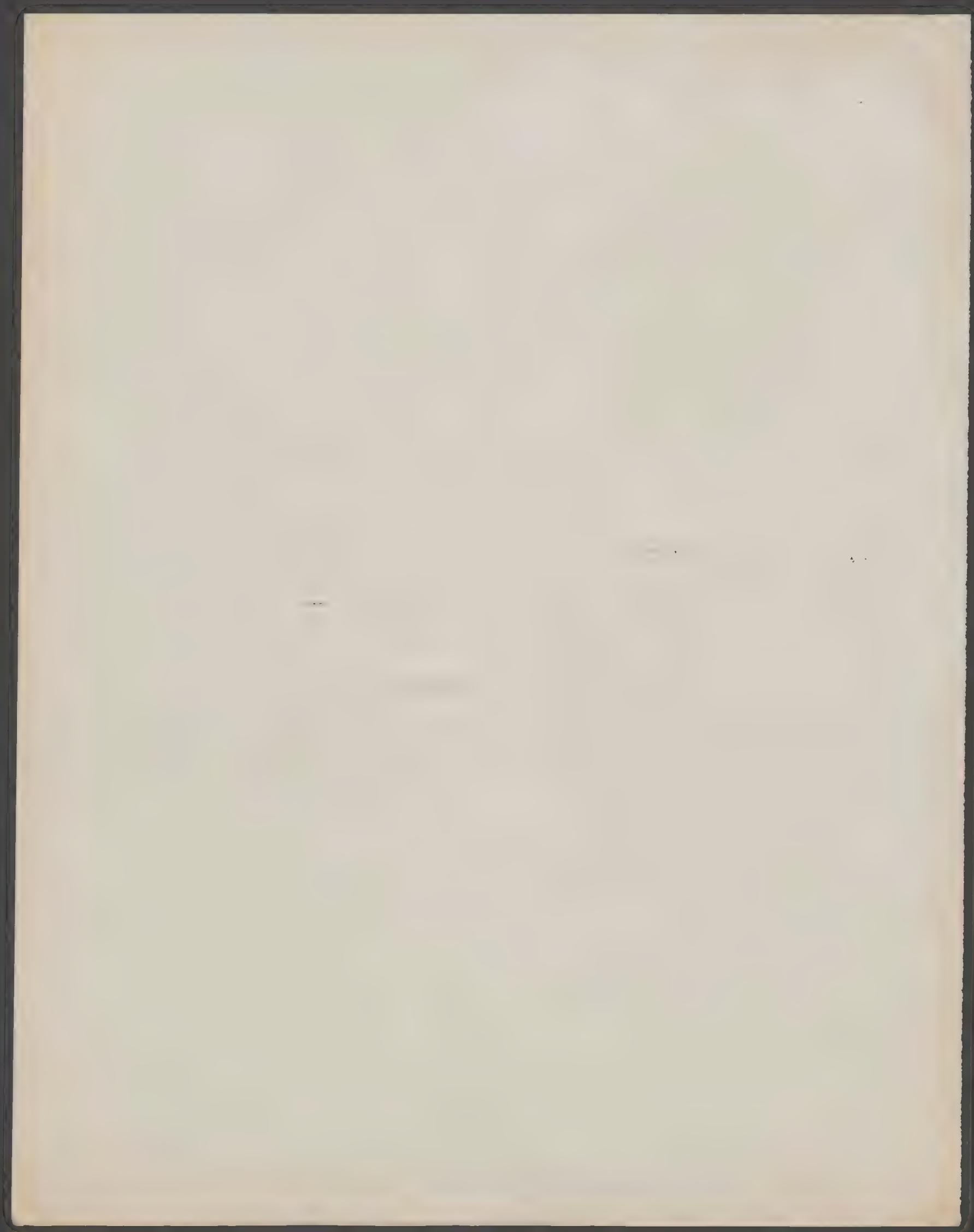


pozwijmy wyrazić z niej kaucenie, uprzednio tam ułożone. Złotaczmy, że kuszarka cofa się za każdym razem. Kiedy więc my odpychamy kaucenie, kaucenie równocześnie odpycha nas, a za naszym pośrednictwem - kuszarkę. Z ~~zupła~~ podobnej przyczyny pochodzi wtórne uderzenie, które otrzymujemy, jeśli strzał z strzelby; ~~jak~~ również znane cofanie się armat podczas wystrzału.

Przyjmijmy, że utworziliśmy armatę w ziemi tak mocno, że nie może ona ~~ani trochę~~ cofnąć się skutkiem wystrzału. Co stanie się wówczas z uderzeniem wtórnym, z przeciwdziałaniem? Armatę utworzoną stanowita ułożone ~~z~~

(z ~~całą~~ kulą ziemską, ~~z~~ ~~całą~~ ~~całkowicie~~), zatem uderzenie wtórne zostało uderzone całej kuli ziemskiej, a i na ruch tak obciążonej bryły ~~nie~~ uwarunkowano naturalnie wpływ niezmierzenie mały. Z takiego ~~stanu~~ powodu ~~przez~~ przeciwdziałanie, którego doznajemy nieustannie od różnych ~~ciąg~~ ciąg (na które ułożymy działanie), uchodzi zarządkaj naszej uwagi: przekazywany je bowiem ~~z~~, za pośrednictwem wtórnego ~~ciaga~~ ciaga, za pośrednictwem stian i podłóg budynków ~~zarządkaj całej kuli ziemskiej~~ ~~zarządkaj~~.

Streszczamy zatem, co powiedzieliśmy wyżej, ¹ ³ ² w następujący sposób. Każde dwa ciała ^{zawzię} (na rebrze działania ~~zawzię~~ obustronne, wzajemne; innymi słowy, z każdym działaniem połączone jest zawsze wzajemnie skierowane przeciwdziałanie.



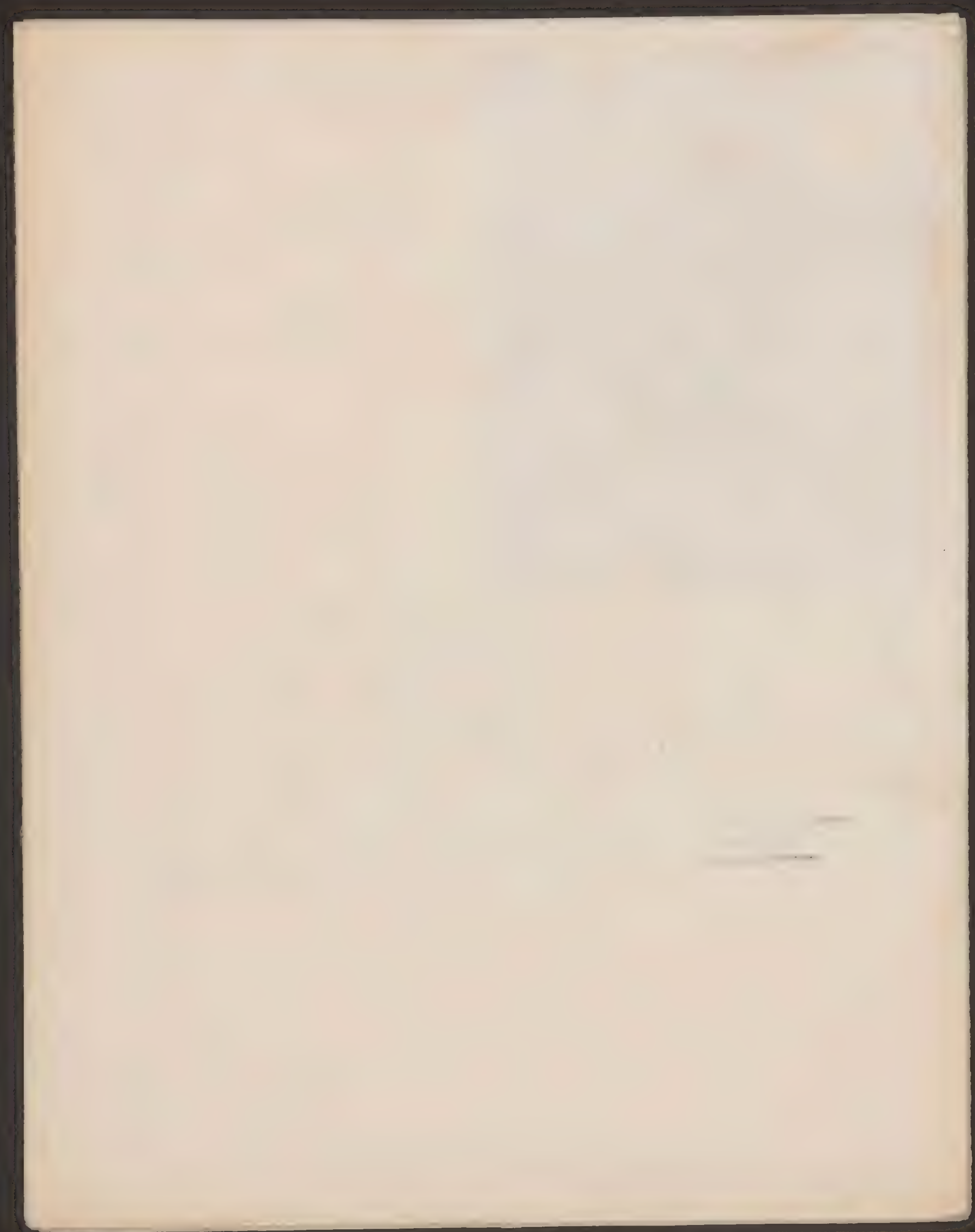
Kiedy jakaś siła działa na ciało, wyprowadza je ze spoczynku i wprowadza w ruch. Ale każdy ruch odbywa się w jakimś kierunku (§ 7.); zatem każda siła działa w jakimś kierunku, mianowicie w tym, w którym nadaje ruch. $\frac{1}{2}$ Drzewko ~~na~~ zgięte ciśnie w tym kierunku, w jakim powraca do swego zwykłego położenia, gdy je oswobodzimy od nacisku.

Wystawmy sobie, że na jakieś ciało działają jednocześnie dwie siły jednakowe, lecz mające wprost przeciwne kierunki. Przypuśćmy np., że jedna ciągnie ~~jakiś~~ ciało w prawo a druga w lewo. Ciało nie poruszy się ani w prawo ani w lewo i pozostanie w spoczynku. Mówimy wówczas, że siły równoważą się; mówimy, że ciało pod działaniem dwóch jednakowych lecz przeciwnych sobie sił pozostaje w równowadze. Jeśli np. dwaj ludzie jednakowo silni staną po dwu stronach wagonu i każdy pocznie ciągnąć



ku sobie (rys. 4.), wówczas wagon nie ruszy wcale z miejsca, jak gdyby go nikt nie ciągnął. Jeśli z jednej strony ciągnąć go będzie dwu ludzi, a z drugiej jeden człowiek, wagon pójdzie w stronę silniejszego ciągnięcia; ale wtedy połowa wysiłku dwu ludzi pójdzie na zniweczenie siły trzeciego, który opiera im się z drugiej strony wagonu.

[illegible]



Umocujmy w podłodze jeden koniec taśmy kauczukowej a drugi ciągnijmy ku sobie; taśma ciągnie naszą rękę ku dołowi.

Weźmy duży kamień i trzymajmy go w dłoni; kamień ciągnie naszą rękę ku dołowi podobnie, jak ciągnęła ją taśma. Połóżmy kamień na materacu lub poduszce; kamień przyciska je podobnie, jak gdyby je kto ręką przyciskał. Zawieśmy kamień na drzewku wygiętym; drzewko nie wyprostuje się, jak gdyby je kto przytrzymał ręką (rys. 5.). Jakaś siła musi więc działać na kamień, która sprawia, iż kamień przyciska i ciągnie. Nazywamy tę siłę *siłą ciężkości*.



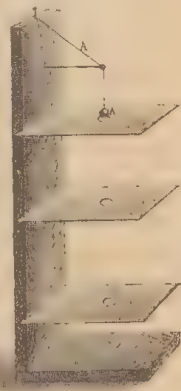
Rys. 5.

Trzymajmy kamień w ręku; siła ciężkości działa nań ciągle, ale *równowazymy ją* (§ 14.) siłą naszych mięśni. Otwórzmy rękę; wówczas siła ciężkości sama jedna działa na kamień. Kamień zaczyna się poruszać. Dokąd pójdzie? Nie będziemy go szukali na ścianach, ani na suficie; wiemy, że pójdzie na dół, że będzie *spadał* (§ 7.). Zatem siła ciężkości ciągnie ciała na dół ku ziemi i nadaje im ruch w tym kierunku, jeśli żadna inna siła jej w tem nie przeszkadza.

Rozważmy to dokładniej. Weźmy *pion*, czyli nie obciążoną ciężarkiem i trzymajmy ją w ręku, jak pokazuje rys. 6. Nicię wypręża się i przybiera kierunek linii prostej, którą nazywamy *linią pionową*. Powiadamy, że każdy przedmiot, puszczonej zupełnie swobodnie (a zatem poddany działaniu samej tylko siły ciężkości) spada na dół w kierunku pionowym. Trudno jest wypuścić ~~be~~ z ręki zupełnie swobodnie, nie popchnąć przytem w żadnym bocznym kierunku. Urządźmy więc następujące doświadczenie. Wycinamy otwory w kilku kawałkach tektury (rys. 7.) takie, ażeby mogła przejść przez nie kulka *K* pionu. Jeśli pion, wi-
sząc swobodnie, będzie przechodził przez środki otworów, wówczas będą one przypadły pionowo jeden pod drugim; musimy przedewszystkiem tak ustawić kawałki tektury. Wciągamy teraz kulkę ponad otwór najwyższy, umocowujemy część nitki w poło-

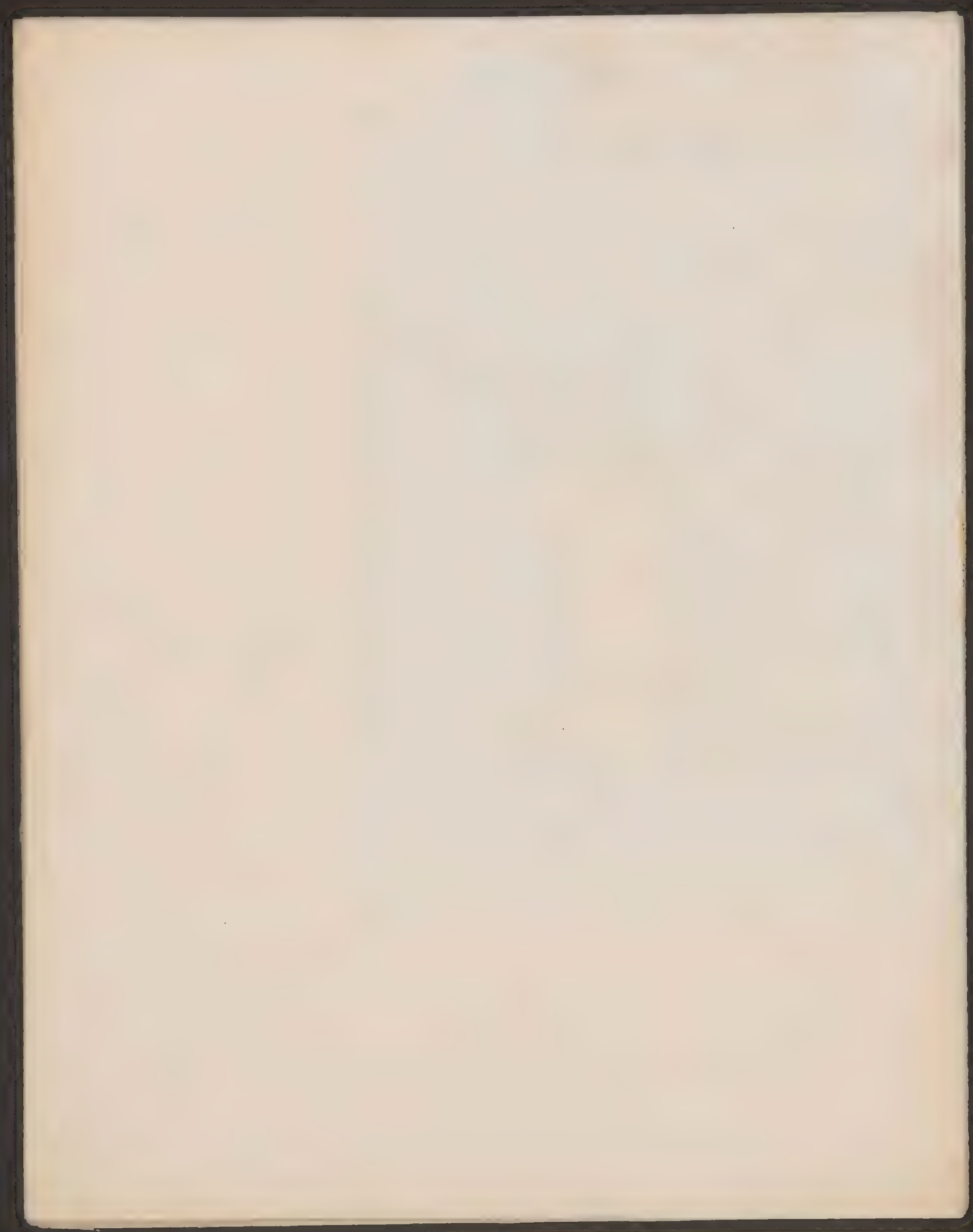


Rys. 6.



Rys. 7.

1 / 1 /
H jak toż przedmiot
↓ go



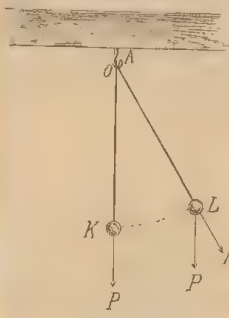
zeniu pochyłym i tę część przepalamy, dotykając w A płomieniem; wtedy kulka spada bez bocznego popchnięcia. Zobaczymy, że przejdzie przez wszystkie otwory. Siła ciężkości ma więc kierunek pionowy ku ziemi. Kierunek ⁷⁴³ pionowy w jakim

~~na powierzchni ziemi jest to, \dots~~
~~na powierzchni ziemi jest to, \dots~~
~~na powierzchni ziemi jest to, \dots~~
~~na powierzchni ziemi jest to, \dots~~

§ 16 Siła ciężkości w równowadze z innymi siłami.

Gdy zgięliśmy drzewko ręką i trzymamy je nachylone do ziemi, wtedy siła sprężystości drzewka równoważy się z siłą naszych mięśni. Jeżeli drzewko w tem położeniu utrzymuje ciężar, zawieszony na niem (rys. 5.), wtedy siła sprężystości drzewka równoważy się z siłą ciężkości.

W pionie, wiszącym spokojnie (rys. 6.), nitka wypręża się prosto pod działaniem siły ciężkości. Tu ciężkość kulki pionu równoważy się ~~siłą sprężystości nitki~~; pod działaniem bardzo znacznego ciężaru nitka się urywa, podobnie jak urywa się w rękę pod bardzo mocnem ciągnięciem. Druk metalowy ma większą wytrzymałość niż nitka. Druk taki, np. OK (rys. 8.), zakończony



Rys. 8.

kulką i zawieszony na haku A , zachowuje się podobnie jak pion. Wisi on spokojnie w położeniu pionowym OK , w każdym zaś innym położeniu, np. OL , zaczyna opadać ku OK . Przyczyna tego jest następująca. Druk może się obracać na haku a zatem będzie w równowadze tylko pod działaniem takiej siły, któraby go ciągnęła w jego własnym kierunku. Lecz ciężkość, która działa zawsze na dół pionowo, przypada w jego własnym kierunku jedynie tylko w położeniu OK . Gdyby np. w położeniu OL ciężkość działała w kierunku LN , mielibyśmy tam równowagę; ale ciężkość działa tam w kierunku LP , więc równowagi nie ma, druk porusza się ku położeniu OK . ~~Nit~~

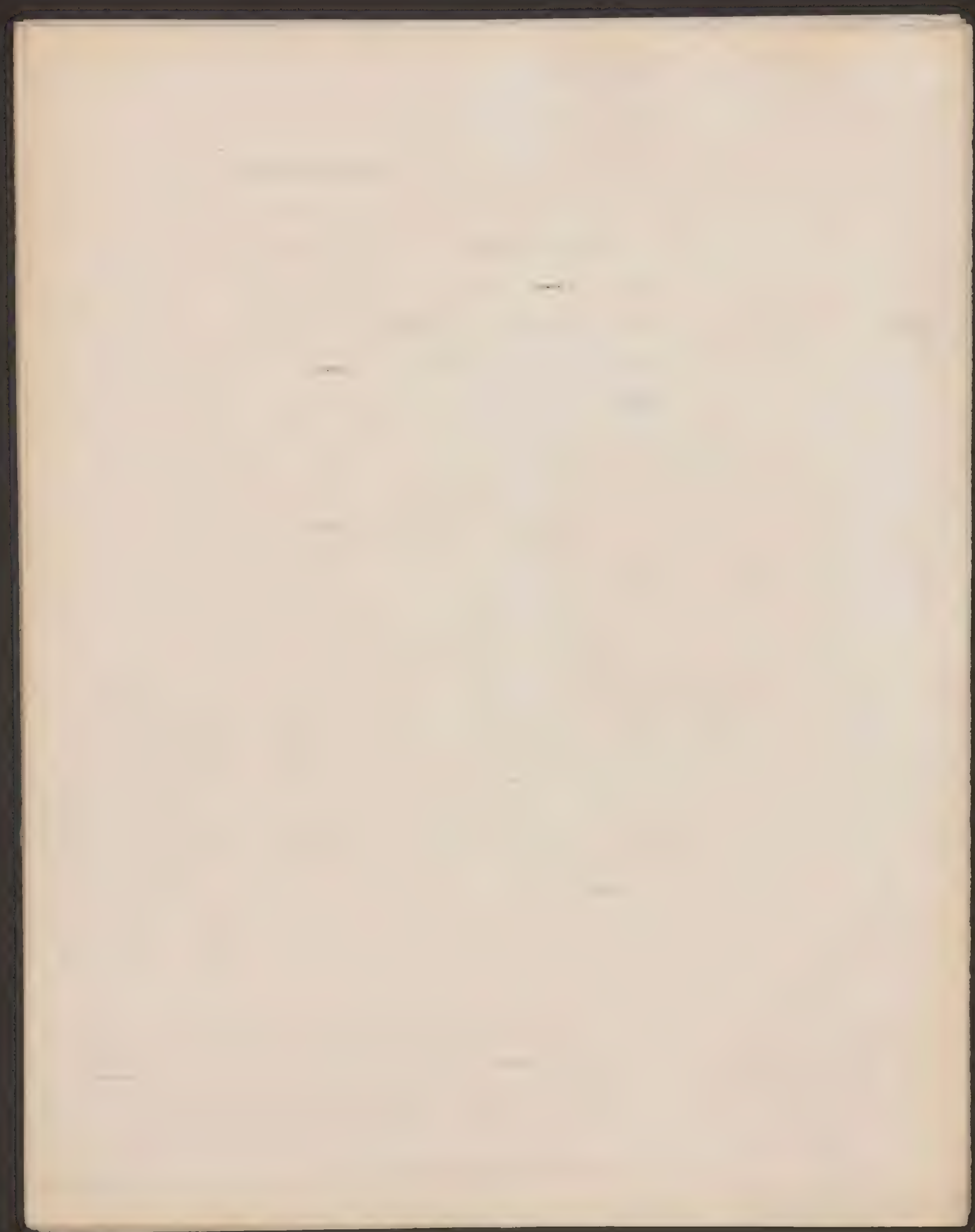
~~położeniu OL ciężkość działa w kierunku LN , mielibyśmy tam równowagę; ale ciężkość działa tam w kierunku LP , więc równowagi nie ma, druk porusza się ku położeniu OK .~~
~~położeniu OL ciężkość działa w kierunku LN , mielibyśmy tam równowagę; ale ciężkość działa tam w kierunku LP , więc równowagi nie ma, druk porusza się ku położeniu OK .~~
~~położeniu OL ciężkość działa w kierunku LN , mielibyśmy tam równowagę; ale ciężkość działa tam w kierunku LP , więc równowagi nie ma, druk porusza się ku położeniu OK .~~

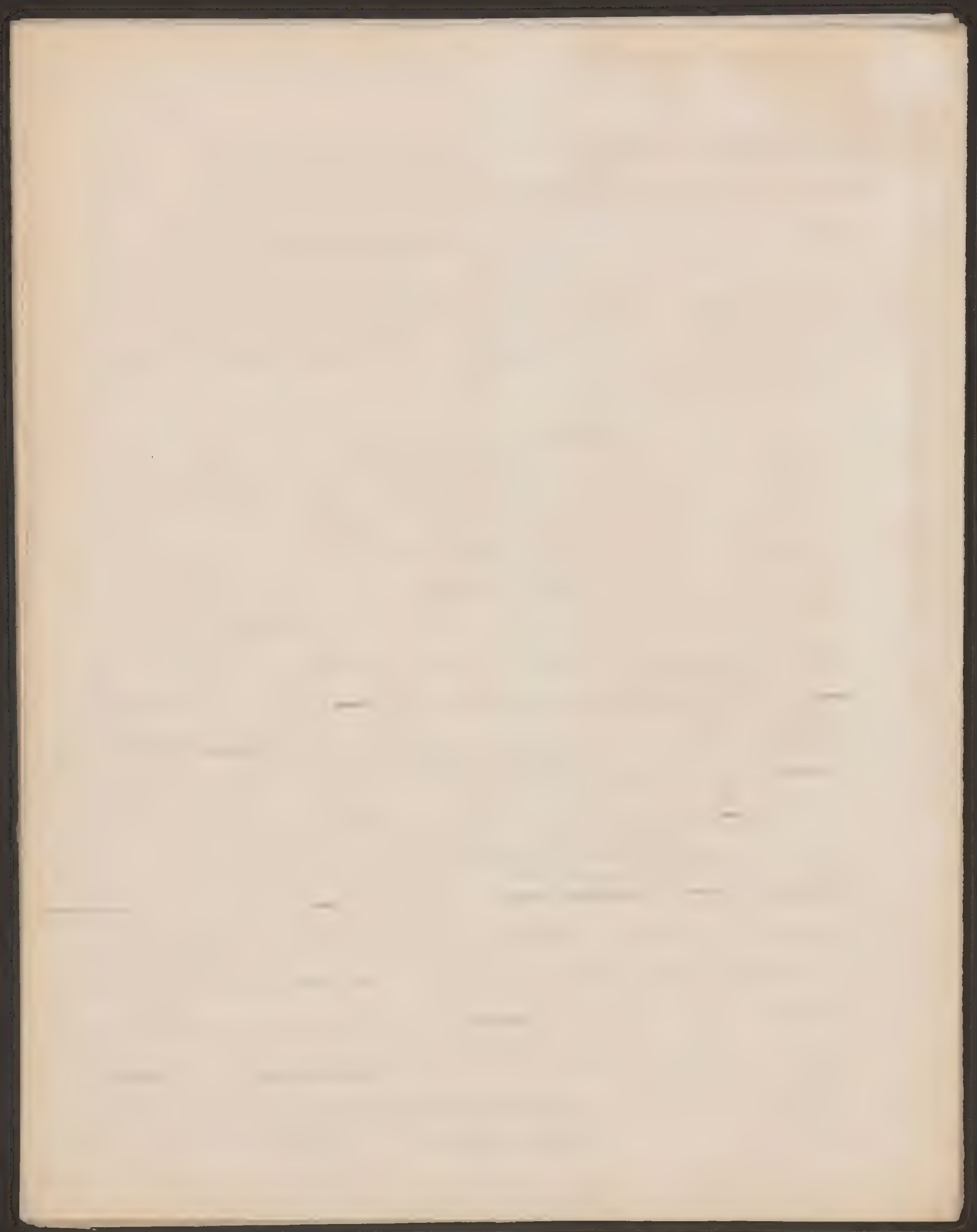
T i pionowo
za pośrednictwem nitki z siłą naszą własną;

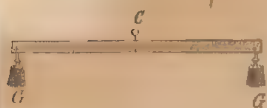
1 druk sam przez się

\int kuli
18
↓ a nie w kierunku LN ,





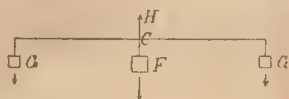




Rys. 9.

Weźmy drążek drewniany (rys. 9.), wkręćmy w jego środku kołeczko C a na końcach uwiążmy jednakowe ciężarki G, G . Zawieśmy kołeczko na nitce lub na haczyku.

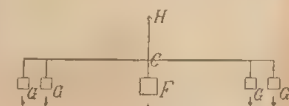
Ujawszy nitkę lub haczyk, możemy trzymać drążek w równowadze t. j. tak, żeby się nie przechylał ani w jedną, ani w drugą stronę; możemy nawet, nie psując równowagi, podnosić drążek ku górze. A zatem dwa równe ciężary, działające na końce drążka, równoważą się tutaj z siłą naszych mięśni, działającą na środek drążka. Dzięki drążkowi równoważymy lub podnosimy oba ciężary G, G tak, jak gdybyśmy bezpośrednio do nich przyłożyli naszą siłę. Można by odwrotnie zastąpić te dwa ciężary G, G



Rys. 10.

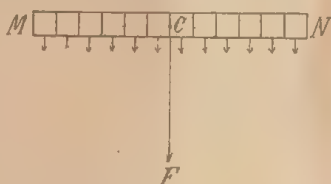
przez jeden dwa razy większy ciężar F , wiszący w pośrodku C drążka (rys. 10.); wówczas potrzeba znów takiej samej siły H , jak poprzednio, ażeby zrównoważyć drążek lub podnieść go do góry.

Podobnie, cztery ciężary G, G, G, G , jak na rys. 11., można by zastąpić przez jeden, cztery razy większy ciężar F , wiszący w pośrodku. Siły zatem czyli ciężary G składają się tutaj na siłę F , która się też nazywa ich *wypadkową*



Rys. 11.

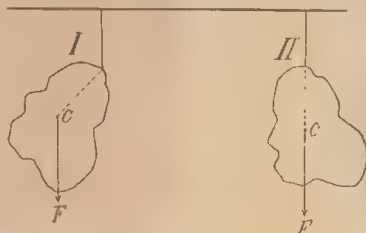
i która je może zastąpić. Podobnie będzie w sztabie MN (rys. 12.); możemy wystawić sobie, że składa się ona z osobnych części, z których każda ma swój ciężar; wszystkie te ciężary składają się na ciężar wypadkowy F , działający w punkcie C . Ów punkt C , w którym jak gdyby skupia się cały ciężar ciała, nazywa się *środkiem ciężkości*. Siła ciężkości działa na każde



Rys. 12.

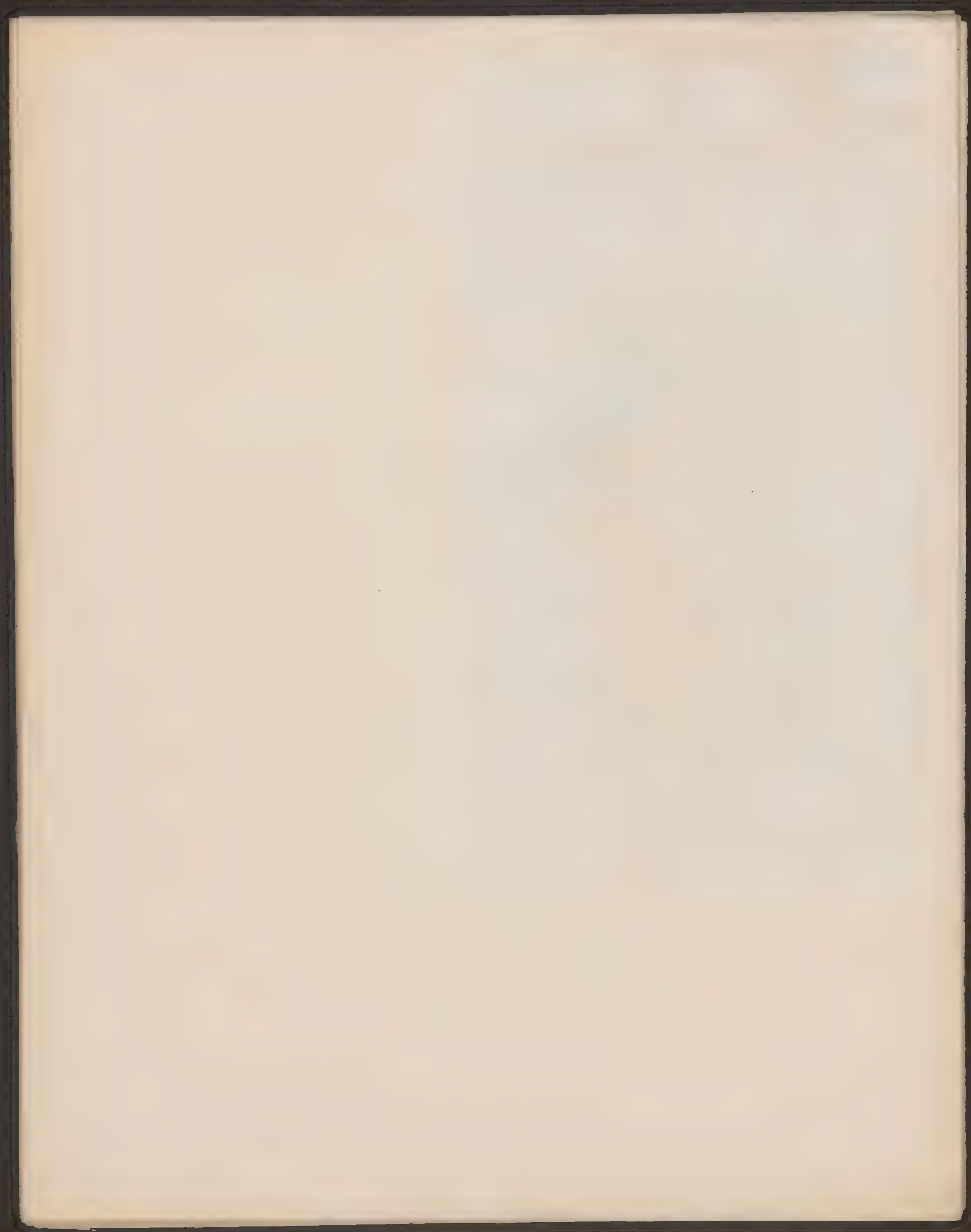
ciało tak, jak gdyby była przyłożona do jego środka ciężkości. Można np. trzymać sztabę MN (i podobnie każdą łaskę np.) w położeniu poziomem w równowadze, podpierając ją jednym pal-

cem w punkcie C , czyli w jej środku ciężkości. Jeśli ciało wisi na sznurku (rys. 13.), nie może ono być w równowadze, gdy środek ciężkości nie znajduje się wprost pod nicią, w jej bezpośrednim przedłużeniu. W położeniu więc I ciało nie będzie w równowadze, podobnie jak drut



Rys. 13.

z kulką nie był w równowadze w położeniu OL (rys. 8.). Przeciwnie, w położeniu II ciało będzie w równowadze.



[Dziś]
[wzrosty 1-2] drzew
 [P]owiedzmy, że cały ciężar ciała jest jak góra. ciężkości i działa nań na dół pionowo. Zatem: jeżeli linia pionowa, poprowadzona ze środka ciężkości, trafia w podstawę ciała, wtedy ciało *stoi* czyli jest w równowadze. Jeśli zaś ta linia trafia poza obręb podstawy, ciało przewraca się, bo ciężar jego nie znajduje oporu, któryby go równoważył. Tak więc wóz na równej drodze jest w równowadze, lecz na pochyłości linia, wychodząca



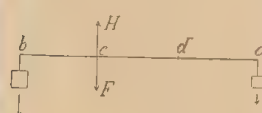
Rys. 14.

pionowo na dół ze środka ciężkości, zbliża się ku kołom. Na rys. 14. widzimy położenie, w którym przechodzi ona właśnie przez koło (CZ): jeszcze najmniejsze pochylenie a wóz musi się wywrócić. Dlaczego trudno jest postawić kij na stole; dlaczego pochylamy się na lewo lub wyciągamy lewą rękę, gdy niesiemy ciężar w prawej; dlaczego, żeby mocno i pewnie stanąć, rozsta-

wiamy nogi jaknajszerszej — łatwo wytłumaczyć na mocy powyższego.

§ 19. Zasada równowagi.

Powróćmy jeszcze do drążka, o którym była mowa na początku artykułu. Gdybyśmy uwiązali na jednym jego końcu ciężar dwa razy większy, niż na drugim, drążek, zawieszony w pośrodku, nie byłby już w równowadze; mocniej obciążony koniec przeważałby t. j. przechyliłby się ku dołowi. W jakim miejscu trzeba było wkręcić teraz kółeczko, żeby znowu zrównoważyć oba ciężary jedną siłą? Wystawmy sobie (rys. 15.) drążek, obciążony na jednym



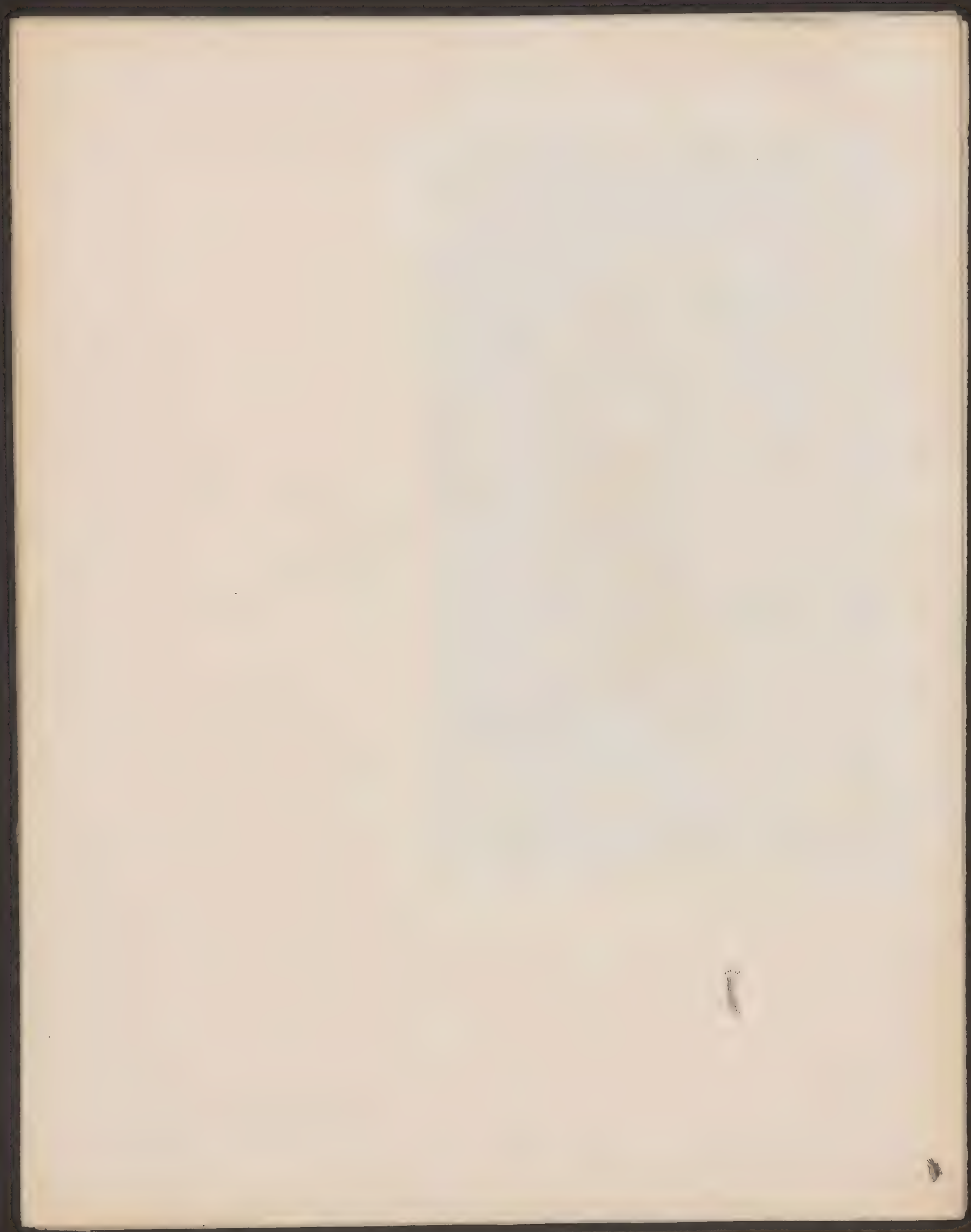
Rys. 15.



Rys. 16.

końcu (*b*) ciężarem dwa razy większym, niż na drugim (*a*). Podzielmy odległość od *a* do *b* na trzy równe części: *bc*, *cd*, *da*; powiadamy, że trzeba przyłożyć siłę *H* w punkcie *c*, żeby zrównoważyć nią oba ciężary, wiszące w *a* i *b*. Istotnie: przypuśćmy na chwilę, że drążek nasz jest dłuższy, niż wprzód, mianowicie (rys. 16.) dłuższy o długość *be*, równą każdemu z trzech odstępów *bc*, *cd*, *da*. Zamiast podwójnego ciężaru, wiszącego w punkcie *b*, mogłyby wówczas wisieć dwa poje-

[poprzedzającego]



19.
24

dyncze ciężary w c i w e , albowiem, jak wiemy, dwa równe ciężary można zastąpić przez jeden, podwójny, wiszący pomiędzy nimi w pośrodku. Przyłożywszy teraz siłę H do punktu c , równoważymy nią najprzód ciężar w c a powtóre także ciężary w a i w e , ponieważ te dwa ostatnie są równe i wiszą jednakowo daleko od c . Zatem ten drążek będzie w równowadze, a temsamem i poprzedni (rys. 15.) będzie w równowadze, gdy przyłożymy siłę H w punkcie c . Powiadamy jak wprzód: pewien ciężar A i dwa razy większy ciężar B składają się na siłę wypadkową F' ; ta wypadkowa działa na punkt, który leży dwa razy dalej od A niż od B . Tak więc w ciecie, składającym się z części niejednakowo ciężkich, środek ciężkości musi przypadać stosunkowo dalej od lżejszych, a bliżej cięższych części. Jeśli laska ma ciężką gałkę, trzeba podpierać ją palcem bliżej gałki, a nie w środku, żeby utrzymać równowagę w położeniu poziomem.

20

19.

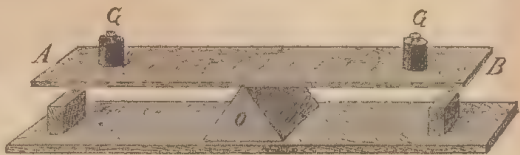
§ 19. Dźwignia.

Jak w § 18, weźmy drążek drewniany (rys. 17.), na końcach uwiążmy dwa jednakowe ciężarki a , b ; lecz zamiast zawieszać go na nitce, utwierdźmy w nim w środku oś i tą osią połączmy go na podstawie. Oba ciężary, działające na końce drążka, równoważą się teraz z o-

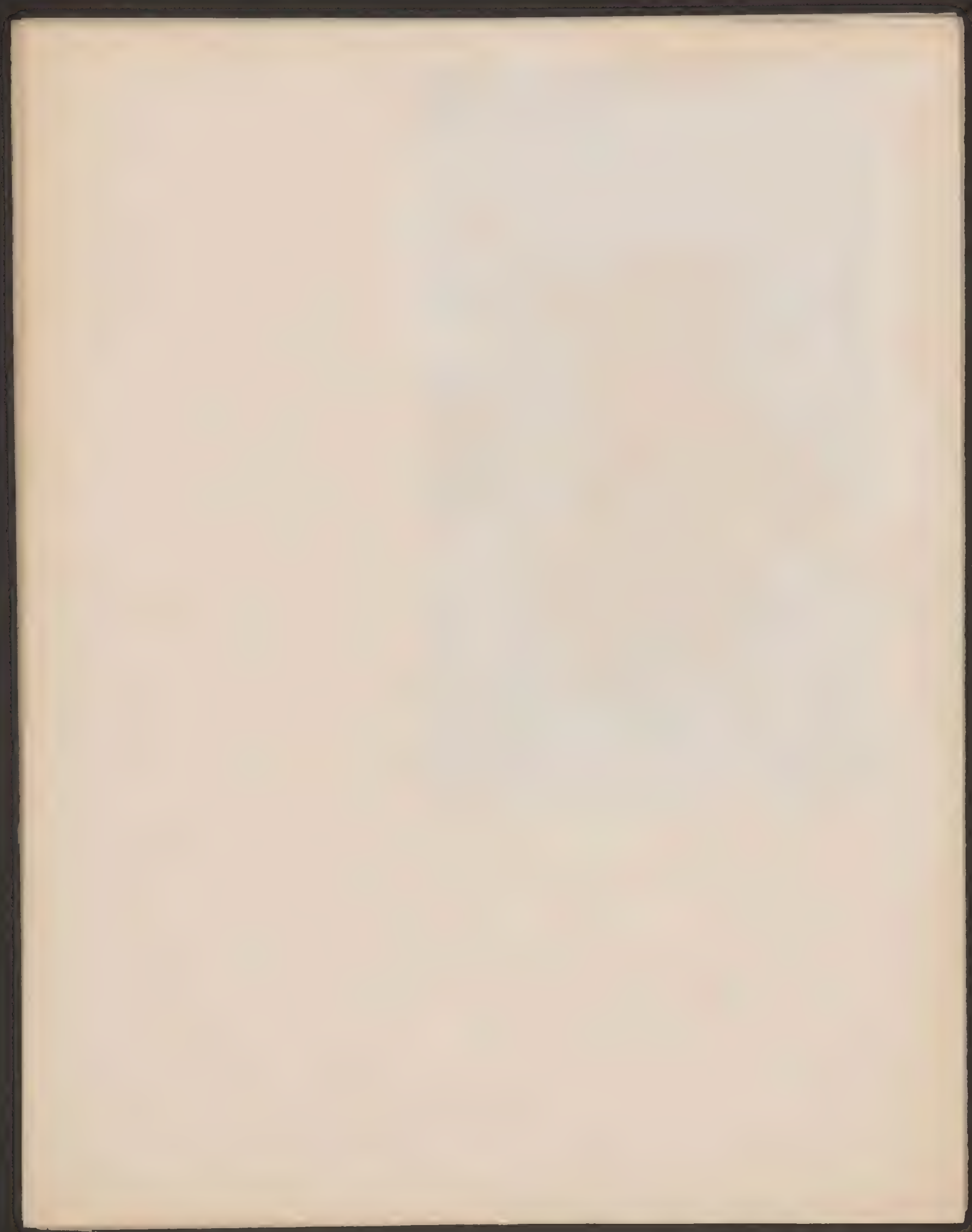


Rys. 17.

porem podstawki, który działa na jego środek; drążek będzie więc w równowadze, taksamo jak poprzednio w § 18. Nazywamy podobny przyrząd *dźwignią*, a części jego od osi aż do punktu zawieszenia ciężaru — *ramionami dźwigni*. Zatem dźwignia, przedstawiona na rys. 17., jest równoramienna. Inną dźwignię widzimy na rys. 18.; składa się ona z deseczki, położonej na trójkątnej podstawce O . I ona będzie w równowadze, gdy jednakowe ciężarki G , G stać na niej będą w jednakowej odległości od podstawki. Powiadamy zatem: *potrzeba do ró-*

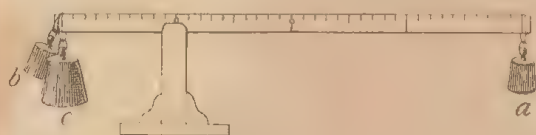


Rys. 18.



wnowagi dźwigni równoramiennnej, ażeby ciężary jednakowe działały w odległości jednakowej od osi obrotu, t. j. żeby działały na ramiona jednakowe.

Zawieśmy teraz na dźwigni rys. 17., lub połączmy na dźwigni rys. 18. ciężary niejednakowe w odległości jednakowej od osi; równowagi nie będzie. Czego więc potrzeba do równowagi, gdy ciężary są niejednakowe? Możemy to wywnioskować z tego, co powiedzieliśmy przy końcu § 18. Weźmy np. jakiś ciężar i inny ciężar, dwa razy większy. Z rys. 15. widzimy, że do równowagi dźwigni, na którą działają takie dwa ciężary, potrzeba, ażeby podstawa (czyli oś obrotu) była umieszczona dwa razy bliżej większego ciężaru, innymi słowy, potrzeba, ażeby ciężar dwa razy większy działał na ramię dwa razy krótsze. Gdyby jeden ciężar był trzy razy większy od drugiego, musiałby podobnie dla równowagi działać na ramię

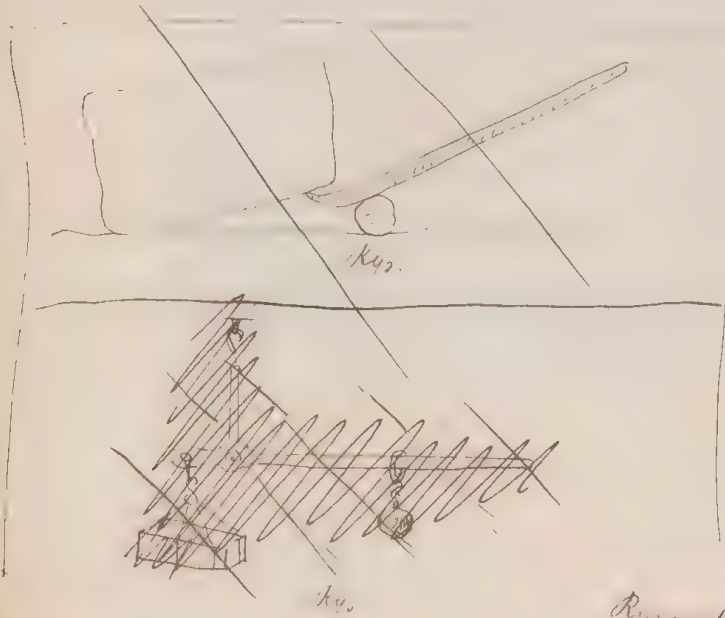


Rys. 19.

trzy razy krótsze. Widzimy taką ~~równowagę~~ na rys. 19.; a i b są to ciężarki jednakowe, c zaś waży tyle, ile a i b razem wzięte. A zatem ciężar b i c razem wzięty jest trzy razy większy niż ciężar a ; to też ramię tego potrójnego ciężaru jest trzy razy krótsze od drugiego ramienia. Podobne doświadczenia łatwo możemy czynić na dźwigni rys. 18.

1 Dźwignię

Mnożstwo przedmiotów codziennego użytku, mnożstwo narzędzi i przyrządów, używanych w rolnictwie, przemyśle i sztuce, stanowi ~~podstawę~~ ^{stanowi} zastrawiania dźwigni. Drogą np., stwarzając



do wyważania ciężarów ~~rys.~~, jest tak

dźwignię; również czyli rękopię ~~z~~ statni,

~~dotychczas dźwignię~~ klamka drzwi, różne

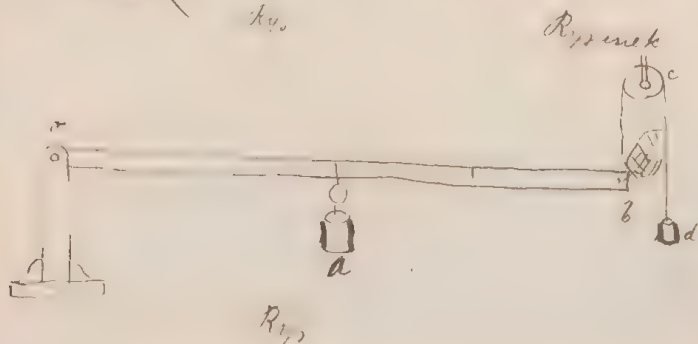
rodzaje noży, otulgi, rękawki czyli ~~głównie~~

(nawet topaki) ~~stanowią~~ przykłady dźwigni.

Belka każdej wagi (rys. 19.), jakoteż i

tzw. ~~przeznacz~~ ^{jest} również przykładem

dźwigni.



wyobrażenie innej rodzaj dźwigni, tzw. jednoramienną.

Jestli odległość ^{oa} (od osi ~~a~~ do miejsca zawieszenia ciężaru

~~na~~ ^{ob} umiemy, jak na rysunku, potęgę odległości ^{ob} (od osi

do miejsca ~~zawieszenia~~ ciężaru, ~~potęgę~~ ^{potęgę} potrzebna do równowagi

ażby na b działała siła dwa razy większa od siły ~~ciężaru~~

ciężaru działającego ^w na a , ~~ciężaru~~. Możemy to udo-

rodzić, ~~zadając~~ ^{przymierzając} w b nitkę, przecinając przez ~~blotek~~ ^{blotek} i obciążając ciężarem d ,

~~ciężaru~~ ^{ciężaru} ~~potrzeba~~ będzie wówczas do równowagi, ażeby a był dwa razy ~~cięższy~~ ^{cięższy} od d . Jestli



odległość od była jedną trzecią części odległości od, do równowagi byłoby potrzeba, aby ciężar był trzy razy cięższy od d. t. d. Przykład, dźwigni jednoramiennej widzimy w taczkach, w maszynach, służących do kręcenia papieru lub chleba, do wyważania i wybijania otworów, w narzędziach do ugniatania (korków, cytryn, smalcu) i t. d.

20.

§ 15. O pracy.

Gdy murarze budują dom, wówczas jedni wnoszą cegły, kamienie, wapno i t. d. na wysokość tego piętra, jakie jest w robocie; inni zapomocą lin wyciągają na tę wysokość belki. Taka czynność ~~nazywamy~~ wykonywaniem pracy. Do zbudowania domu potrzeba cegieł, kamieni, wapna, piasku, drzewa i t. d., ale nadto potrzeba też pracy, potrzeba znacznej pracy; jeden człowiek np., bez niczyjej pomocy, musiałby pracować wiele lat, zanimby cały dom zbudował. Żeby dom zbudować, potrzeba wykonać pewną, określoną pracę; trzeba np. wnieść tyle a tyle cegieł na pierwsze piętro, tyle a tyle na drugie i t. d.; w żaden sposób bez pracy tego dokonać nie można. Żeby zbudować dom trzypiętrowy, trzeba większej pracy, niż żeby zbudować dwupiętrowy. Widzimy zatem, że praca bywa większa i mniejsza; że praca jest czemś, co można mierzyć. Wnieść np. 20 cegieł na pierwsze piętro wymaga pracy dwa razy takiej, jak wnieść ich 10 na to samo piętro. Wnieść 10 cegieł z dołu na pierwsze piętro, lub wnieść je z pierwszego piętra na drugie — wymaga pracy tejsamej, jeżeli, przypuścimy, obadwa piętra są jednakowo wysokie. A zatem wniesienie cegieł z dołu na drugie piętro wymaga wówczas dwa razy takiej pracy, jak wniesienie ich na pierwsze. Powiadamy ogólnie: podniesienie ciężaru o pewną wysokość wymaga pracy tem większej, im znaczniejszy jest ciężar i im większa wysokość, o jaką go podnosimy.

11 d,

T jest punkt a d. 11-a

Albo jeszcze inaczej: miarą pracy, wykonywanej przy podnoszeniu ciężarów jest iloczyn dwóch liczb, jednej wyrażającej ciężar natężenie ciężaru, a drugiej, która jest miarą podniesienia wysokości.

Podnoszenie ciężarów jest naturalnie ~~tylko~~ ^(tylko) jednym z ^(mnożstwu) ~~przebiegów~~ ^{przebiegów} wykonywania pracy. Inne przykłady: porównajcie sobie.

§ 21. Praca a siła.

Robotnik, wnosząc cegły na wysokość piętra, musi równoważyć ich ciężar siłą swoich mięśni (§ 11.), gdyż inaczej zaczęłyby zaraz spadać ku ziemi. A zatem, żeby wykonać pracę, trzeba mieć siłę; ale można mieć siłę a nie wykonywać pracy. ~~Naprzekąd,~~

~~Przykład, dźwigni jednoramiennej widzimy w taczkach, w maszynach, służących do kręcenia papieru lub chleba, do wyważania i wybijania otworów, w narzędziach do ugniatania (korków, cytryn, smalcu) i t. d.~~





Przypuśćmy, że dwóch robotników (np. A i B) wnosi cegły na wysokość piętra; A i B mają każdy np. po 100 cegieł do wniesienia. Mają więc jednakową pracę do wykonania; ale A jest w stanie dźwignąć odrazu 20 cegieł, gdy B tylko 10 może dźwignąć odrazu. Wówczas A , żeby swoją pracę wykonać, wejdzie 5 razy na piętro, gdy tymczasem B , ażeby swoją wykonać, będzie musiał wejść 10 razy. Przypuśćmy, że piętro ma wysokości 4 metry; w takim razie A , licząc wprost w górę, odbędzie ogółem drogę 20 metrów, B zaś — drogę 40 metrów. A więc *siła*, dwa razy mniejsza, ale *pracująca przez drogę dwa razy dłuższą*, wykonuje pracę tęsamą. Zwróćcie podobnie siła, trzy, $\frac{1}{3}$.

ry lub icholnych razy ~~stabsza~~ statbsza, pracuje
na brzoie tylas razy sturszej, wykonywa pracę tęsamą.
Wszystko to wynika, jak łatwo widzimy, z określenia
podanego w końcu §. ... dla miary pracy.



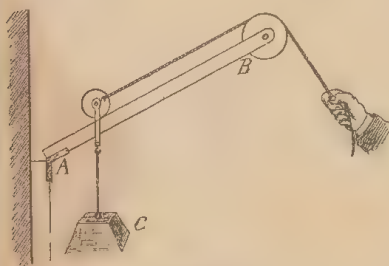
§ 22. O energii.

Robotnik, który bierze 10 cegieł na siebie za każdym razem, gdy wchodzi na piętro, mógłby zapewne udźwignąć 12, gdyby się nieco wysilił, a nawet może 15 i więcej. Ale, podczas gdy mógł, biorąc po 10 cegieł, pójść z niemi do góry np. trzydzieści razy z rzędu, teraz, obciążony 15 cegłami odrazu, zmęczy się znacznie wcześniej. A zatem człowiek może wyrzucić chwilowo siłę większą lub mniejszą, ale pracę może wykonać tylko ograniczoną. W każdym z nas jest jakby pewien zasób pracy, z którego możemy czerpać, jakby pewien *zapas pracy*, który możemy wydawać; gdy wszystek wydamy, nie jesteśmy zdolni do dalszego wykonywania pracy, aż nowy zasób w nas się nagromadzi. Taki zasób pracy, gotowej do wydania, nazywamy *energiją*. Gdy ktoś pracuje, wydaje swoją energiją, wydaje ją na wykonywanie pracy; jeśli ~~próduje~~, wtedy przechowywa, co prawda, zasób swój nienaruszony, nie wydaje swojej energii, ale nie ma też z niej żadnego pożytku. Energia jest jakby bogactwem, z którego wydatkiem jest praca.

23.

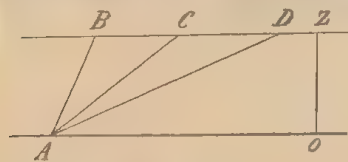
§ 23. Praca przeciwko ciężkości.

Siła ciężkości działa w kierunku pionowym ku dołowi (~~§ 11~~) a zatem sprzeciwia się podnoszeniu się ciał prosto do góry t. j. ruchowi ich pionowemu do góry. Dlatego też trzeba wykonywać pracę, ażeby podnosić ciała do góry. Spróbujmy teraz podnosić



Rys. 20.

ciężkie ciało nie wprost do góry, lecz w kierunku pochyłym. Ciężar C np. możemy (rys. 20.) przesuwąć po pochyłym drążku AB za pośrednictwem sznurka i dwóch kółek, z których jedno toczy się po drążku a drugie, osadzone na końcu, kręci się swobodnie. Ustawmy drążek prawie zupełnie pionowo;



Rys. 21.

ciężenie będzie wymagało znacznego wysiłku. Nachylajmy drążek ku poziomemu położeniu; ciągnięcie będzie wymagało coraz mniej-szego wysiłku; siła ciężkości coraz mniej będzie się opierała ruchowi. Ruchowi poziomemu siła ciężkości nie sprzeciwia się wcale. Lecz, im drążek jest bardziej nachylony do poziomu, tem dłuższą drogę musi odbyć ciężar, ażeby się podnieść o pewną wysokość. Przypuśćmy np., że AO na rys. 21. wyobraża poziom podłogi w pokoju, a BCDZ —

↓ nie pracuje





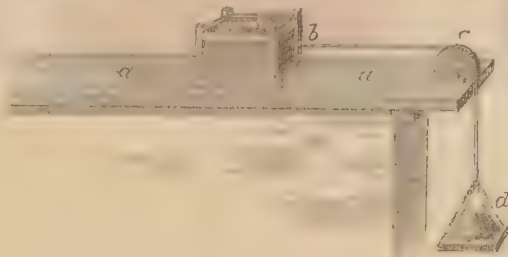
§ 24. Tarcie.

Jeżeli siła ciężkości nie sprzeciwia się poziomemu ruchowi, czemuż tedy tak trudno posunąć kamień po ziemi lub skrzynię po podłodze? Oto z powodu *tarcia* kamienia o ziemię, z powodu tarcia skrzyni o podłogę, nie z powodu ciężaru kamienia lub ciężaru skrzyni. Na całkiem inny opór natrafiamy, jeśli chcemy wóz *podnieść*, niż jeśli chcemy go *ciągnąć*. W pierwszym razie mamy do czynienia z ciężarem wozu, w drugim razie z tarcie kół o ziemię i osi o panewki. Co innego więc tarcie a co innego ciężar. Kamień doznaje znacznego tarcia o sukno a znacznie mniejszego o szkło lub lód, tymczasem ciężar kamienia jest oczywiście zawsze takisam, czy kamień leży na suknie, czy na szkle, czy na lodzie.

Pokonywanie oporu, wynikającego z tarcia, wymaga pracy, podobnie jak jej wymaga przewyższanie siły ciężkości.

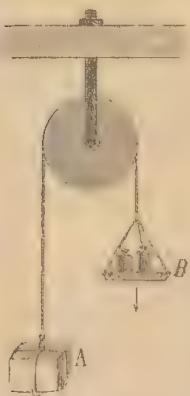
§ 25. Praca siły ciężkości, praca siły sprężystości.

Kiedy człowiek wykonywa pracę, np. podnosi ciężar lub przewyższa tarcie, możemy powiedzieć, że pracę tę wykonywa siła jego mięśni. Jak siła mięśni człowieka może wykonywać pracę, podobnież każda inna siła może ją wykonywać. Naprzykład siła ciężkości może pracować. Jeżeli np. ciężar *d*, opadając (rys. 22.),



Rys. 22.

za pośrednictwem sznura, przerzuconego przez kółko czyli *blocek c*, ciągnie skrzynkę *b* po stole (*aa*), wtedy siła ciężkości będzie wykonywała pracę, która wychodzi na pokonanie tarcia. Jeżeli, jak na rys. 23., ciężar większy *B*, opadając, podnosi do góry ciężar mniejszy *A*, wtedy siła ciężkości, działająca na *B*, dostarcza pracy, potrzebnej do pokonania ciężkości ciała *A* a nadto jeszcze i tej pracy dostarcza, jaką zużywa tarcie sznurka o blok i osi bloka o panewkę, w której się kręci.



Rys. 23.

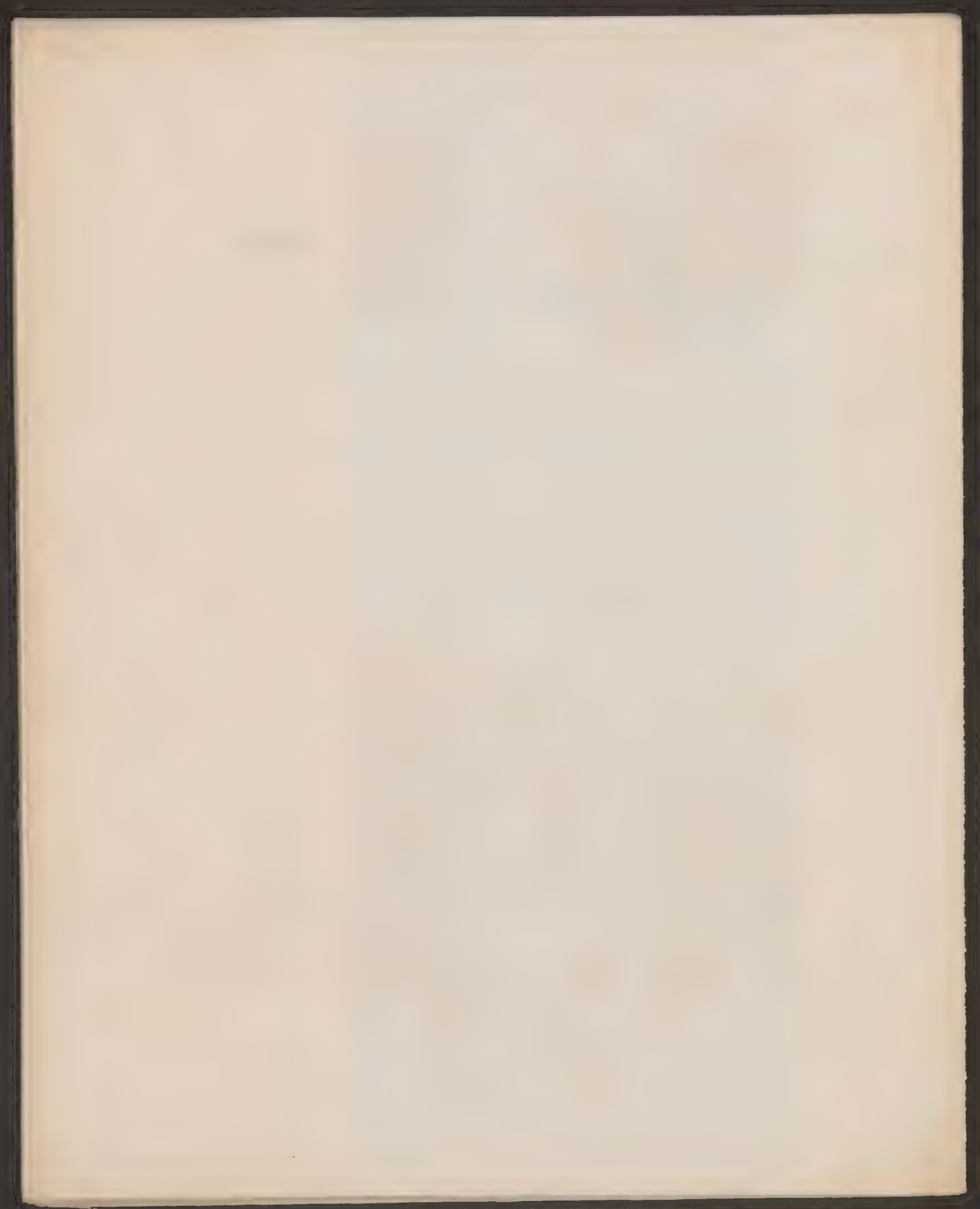
Podobnie siła sprężystości może wykonywać pracę. Gdy np. zgięte drzewko się wyprostowuje, może podnieść jakiś ciężar do góry lub przewyżżyć jakieś tarcie; to samo może uczynić skrzycona sprężyna, gdy się rozkręca. W zegarku kieszonkowym siła sprężystości dostarcza pracy, potrzebnej do pokonywania tarcia kółek i osi, w zegarze zaś ściennym czyni to siła ciężkości.

Pomocniczo, z

V

28





27 30

simy go zawiesić trzy razy bliżej osi obrotu. Zatem poruszenie się dźwigni podniosłoby A o wysokość trzy razy mniejszą, niż wysokość, o którą obniżyłoby B . Tak np. podniesienie się $A'A''$ jest trzecią częścią obniżenia się $B''B'$. Gdy zaś praca, zużywana w podnoszeniu (lub dostarczana nam w obniżaniu się ciężaru) zależy nie tylko od wielkości ciężaru, ale i od wysokości przebytej ~~§ 15., § 18.~~, przeto widzimy, że dźwignia na podnoszenie A wydaje tyle pracy, ile jej dostarcza obniżanie się B . Dźwignia więc nie daje żadnej oszczędności w pracy; z powodu tarcia osi o panewkę musimy nawet w dźwignię włożyć nieco więcej pracy, niż ona nam zwróci.)

Lecz, w takim razie, w jakim celu podługujemy się dźwigni? jaki osiągamy przez nią pożytek? Na to odpowiadamy jak następuje

Praca może być metryką miarą lub mierzalną, co do ilości; może być także rozmiarą co do swego rodzaju, co do jakości. (M. Robotnik) wnieść bez trudności 10 cegieł na wysokość, sąmy, 12-tu metrów; ale nie jest w stanie podnieść odrazu 120 cegieł o tej samej wysokości jednego metra. Ilość pracy jest w obu razach tasama, ale rodzaj pracy nie jest jednakowy. W pierwszym razie praca jest skutkiem wydatku siły nieznaanej na drodze dłużej, w drugim razie jest skutkiem wydatku siły stosunkowo znaanej na drodze bardzo krótkiej. Owe często mamy pewne źródło pracy, mamy pewną ilość pracy, którą możemy rozporządzać; ale ta ilość jest dana w pewnej postaci, która nie jest nam przydatna. Przyjmijmy np., że posiadamy ciężar B , który może obrócić się o trzy centymetry (rys.); jest to źródło możliwej pracy; ale postaci tej pracy jest niekorzystna, jeśli idzie o to, ażeby podnieść do góry ciężar A , 3 razy znacniejszy niż B , o jeden centymetr. Dźwignia, jak to widzieliśmy, zamienia niedogodną postać pracy, jaką rozporządzamy, na postać dogodną, której potrzebujemy. Możemy tę opisać inną stratą pracy, która idzie na przetrzyśnięcie tarcia. Taki jest użytek dźwigni; taki jest użytek wszelkich maszyn. Nie wytwarzają one pracy, nie zwiększają ilości pracy, jaką mamy do rozporządzenia; nie mogą więc sprawić, ażebyśmy mogli na tej ilości coś zyskać; przeciwnie zmniejszają nas one do pewnej (zwykle ~~nie~~ stosunkowo niezmniejszanej) straty pracy, idącej na przetrzyśnięcie tarcia i oporów;



§ 28. Praca nie ginie.

Żeby skrócić sprężynę, trzeba wykonać pracę; ale też zato sprężyna, skoro jest skrócona, ma energią (§ 26.), czyli sama teraz może wykonać pracę. A zatem praca, którą wydaliśmy na skrócenie, nie zginęła, nie jest stracona; sprężyna skrócona może ~~nam~~ każdej chwili ją zwrócić. Podobnie, żeby podnieść kamień, trzeba wykonać pracę; ale praca ta nie zginęła, gdyż kamień podniesiony ma energią, więc może ~~nam~~ zwrócić pracę, którą wydaliśmy na podniesienie.

Przypuśćmy, że podnieśliśmy kamień o pewną wysokość i że następnie puściliśmy go swobodnie; kamień spada na dół ku ziemi. Na cóż została tu zużyta praca, którą wydaliśmy dla podniesienia kamienia? Została ona zużyta na przyspieszenie ruchu ku ziemi. Zdjąwszy np. *nieco* ciężarków z szalki *B* na bloku (rys. 23.), sprawimy, że ciężar *A* pocznie (powoli opadać); jeśli nagle wszystko (z *B* zdejmujemy, *A* odrazu na dół polecą). Tu zatem praca, której dostarcza opuszczanie się ciała *A*, zużywała się najprzód na pokonywanie ciężkości *B*, a kiedy tego oporu zabrakło, obróciła się na wzmożenie ruchu samego spadającego ciała. Stąd widzimy, że *nadanie jakiemu ciału pewnej prędkości jest także pracą*, wymaga także wykonania pracy. Żeby rzucić kamień w górę, trzeba wykonać pracę taksamo, jak żeby go w górę *wciągnąć* lub podnieść; tylko, gdy się go rzuca, wykonywa się pracę odrazu, gdy się go wciąga lub podnosi, wykonywa się ją powoli, stopniowo.

Widzimy dalej, że kamień, gdy został rzucony, nabył przez to pewnej *energii*. Kamień rzucony może coś na przykład przewrócić, złamać lub potłuc; kula wystrzelona może przebić ścianę; tymczasem kamień lub kula, leżąc na ziemi, nie mogą uczynić nic podobnego. Młotek swój ciężarem nie wciśnie gwoździa do deski; trzeba *uderzyć młotkiem*, żeby pokonać opór deski. Mówimy nieraz o *zamachu* lub *rozmachu* ciała, które się porusza; chcemy przez to powiedzieć, że ma ono wówczas energią. *Ciało, które się porusza, posiada pewną energią dzięki temu ruchowi*. A zatem też *praca*, jaką musimy wykonać, ażeby ten ruch ciała nadać, *nie ginie*, nie jest stracona; ciało poruszające się może ~~nam~~ ją zwrócić, bo posiada energią, energią ruchu.

L. K. 1/2

1 + 2

142

§ 24. Bezwładność.

Pojmujemy teraz, dlaczego ciała same przez się nie przechodzą nigdy ze spoczynku w ruch (§ 19.). Albowiem, gdy ciało się porusza, ma energią ruchu, a tej energii nie może ~~samo~~ samo przez się wytworzyć; do wytworzenia energii potrzeba bowiem pracy a więc działania siły jakiejś z zewnątrz. Dalej, jeżeli ciało już jest w ruchu, a więc już posiada pewną energią ruchu, wówczas nie może samo przez się tej energii powiększyć a zatem nie może samo przez się począć odrazu poruszać się prędzej. Do tego potrzeba pracy, a więc działania siły zewnętrznej.

Jak samo przez się ciało nie może zwiększyć swej energii, tak też samo przez się nie może jej *zmniejszyć*. Ciało tylko wtedy traci na energii, kiedy wykonywa pracę, więc kiedy przewycięża opór jakiejś siły zewnętrznej. ~~Jeżeli zatem poruszające się ciało od-~~ *bywa ruch swój bez zmiany, dopóki mu w tem żadna obca siła nie przeszkodzi. I podobnie spoczywające ciało zachowuje spoczynek swój bez zmiany, dopóki go do ruchu żadna obca siła nie zmusi.* Takie zachowywanie się ciał nazywamy ich *bezwładnością*.

Przykłady bezwładności spotykamy codziennie. Wyskakując z biegnącego powozu, czujemy, że *(nasze ciało)* dąży do zachowania ruchu. Gdy stoimy w biegnącym wagonie a pociąg nagle zwalnia, stopy nasze, oparte o podłogę, zwalniają swój bieg, ale reszta ciała przez bezwładność pochyla się naprzód. Wprost przeciwnie, jeśli stoimy w wagonie nieruchomym, a pociąg nagle ruszy, przechylamy się ~~tylko~~ przez bezwładność. Z podobnego powodu gmachy i budynki pękają i rozpadają się wskutek trzęsienia ziemi; fundamenty poruszają się nagle, reszta zaś budowli trwa przez bezwładność w swym poprzednim spoczynku. Korzystamy z bezwładności, gdy strząsamy z drzewa dojrzałe owoce; przez bezwładność długi kij drewniany łamie nam się w rękę, gdy, trzymając za jeden koniec, próbujemy nagle wywijać nim bardzo prędko. Jeżeli, znajdując się w wagonie, upuściliśmy pieniądz na podłogę, wówczas spadnie on do stóp naszych, bez względu na to, czy wagon biegnie, czy jest zatrzymany. To dowodzi, że moneta nawet i wtedy, kiedy spada przez powietrze (kiedy przeto nic jej nie ciągnie ani nie popycha), zachowuje ruch, jaki miała, zanim została puszczone (por. § 19.). Płynąc czołnem, wyrzucimy piłkę pionowo do góry; nie wpadnie ona do wody poza czołnem, lecz wróci do rąk naszych. A zatem piłka podczas swej drogi w powietrzu zachowuje *ruch, jaki miała, zanim została wyrzucona do góry, t. j. ruch czołna.*

Jeżeli wózek, popchnięty po drodze, zatrzymuje się, jeżeli rozkołysana huśtawka się uspakaja, jeżeli koło na osi, wprawione w obrót, powoli przestaje się kręcić, dzieje się to wszystko nie dlatego, ażeby te ciała nie miały bezwładności, lecz dlatego, że w swym ruchu muszą przewyciężać tarcie (§ 19.), a do tego potrzebna jest praca, która też bierze się z energii poruszającego się ciała. To też po gładkiej posadzce kula toczy się dłużej, niż po suknie; po lodzie wózek potoczy się dalej, niż po ziemi. Rozpędzony wagon biegnie długo sam przez się po szynach; łyżwiarz sunie daleko po lodzie mocą samej bezwładności.

Rzutmy kamień pionowo do góry; on nie spadnie on w losowo miejsce, z którego go wyrzuciliśmy, ale spadnie on nad tem miejscem, z którego go wyrzuciliśmy. Właśnie tak jest z ciałami, które są w ruchu. Jeżeli ciało jest w ruchu, to jego bezwładność sprawia, że ono chce pozostać w tym samym stanie, w jakim było, dopóki na nie nie działa siła zewnętrzna. Właśnie tak jest z ciałami, które są w ruchu. Jeżeli ciało jest w ruchu, to jego bezwładność sprawia, że ono chce pozostać w tym samym stanie, w jakim było, dopóki na nie nie działa siła zewnętrzna.

24

32

13

11

12

13

13

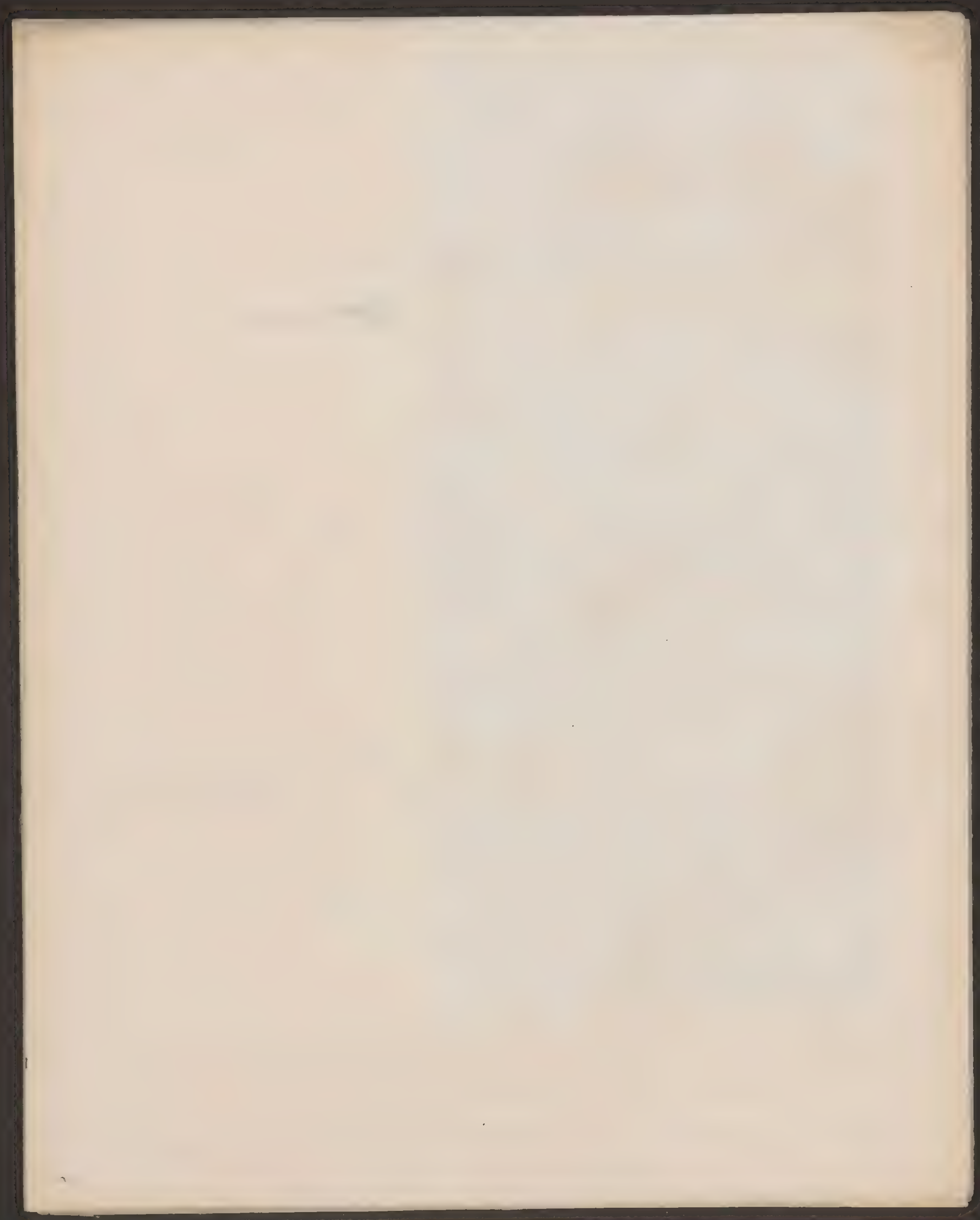
13

12

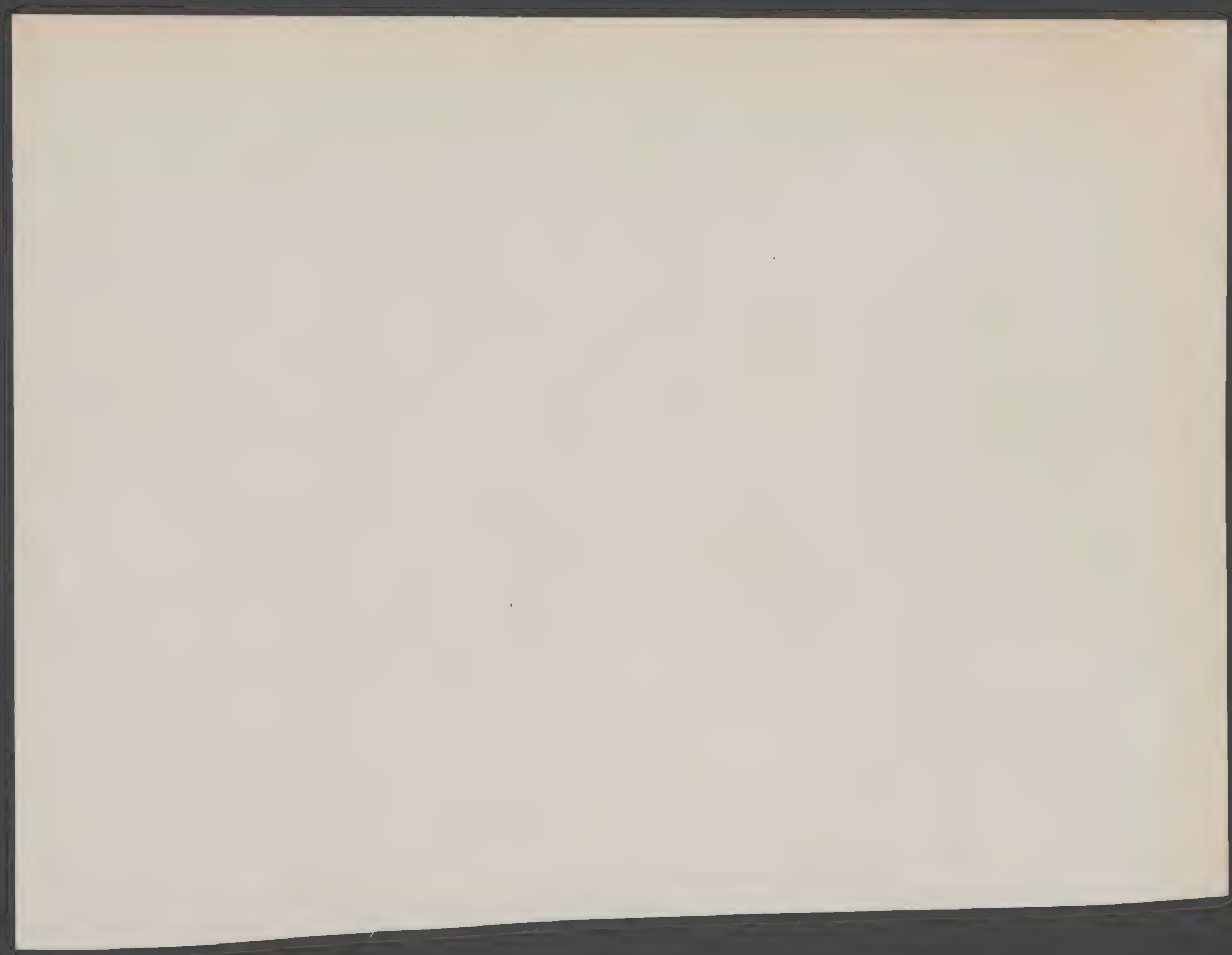
12

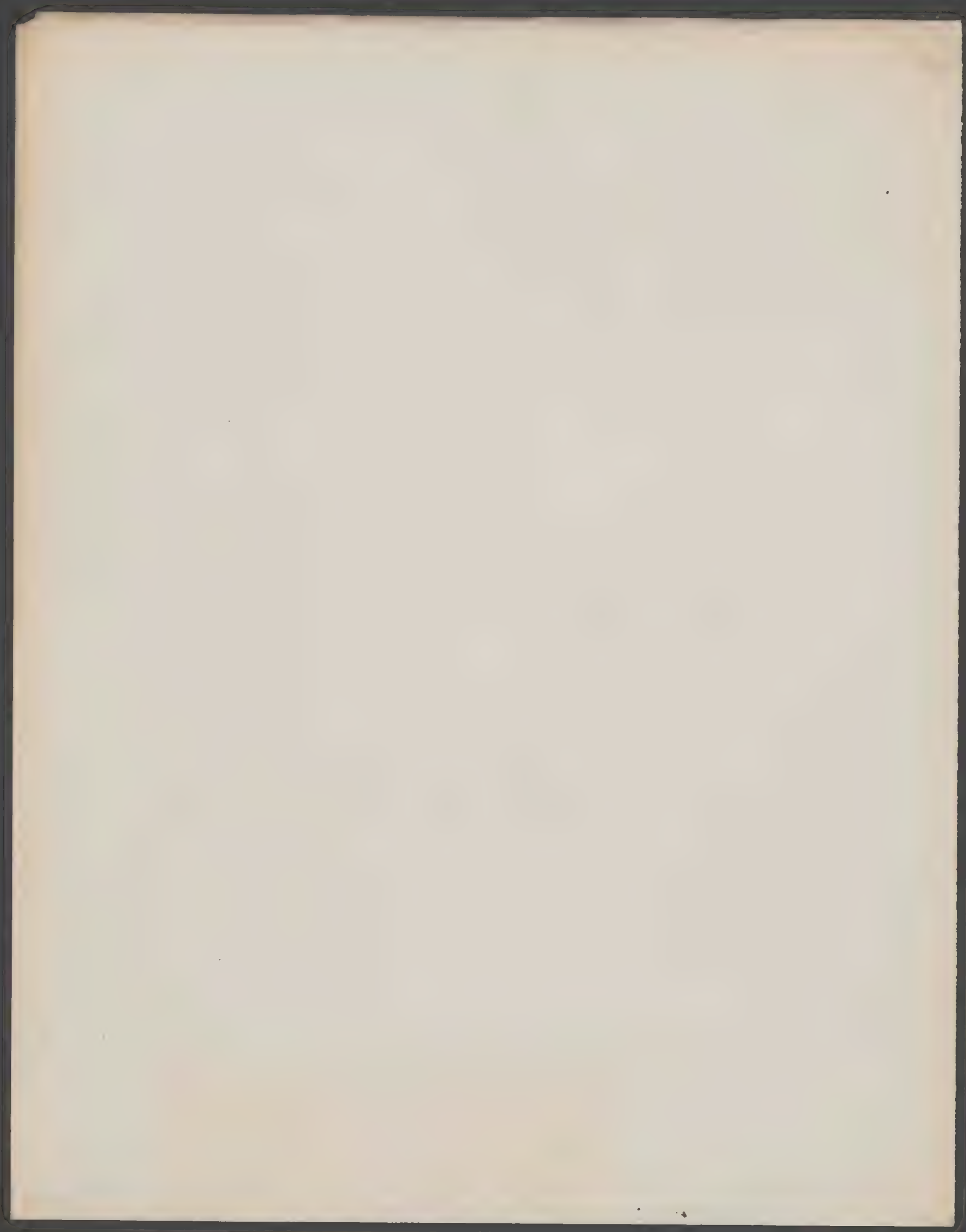
12

12



W dolinie równika a tem murejsza, im bliżej do beguna ziemi; w naszych stronach
 jest tak znaczna, z. bardzo murejsze na ziemi, jakiego u nas około 300 metrów
 w ciągu sekundy następuje ^{codziennego} obrotu ziemi. Wtedy nie bezwzględnie,
 kamień, rzucony prosto do góry, znalazłby się za powrotem na ziemi, bardzo
 daleko od murejsza, z którego został rzucony, chociażby jest wzniesienie się do
 góry i opadanie napowrót kamienia w czasie 5 sekund. Czas, potrzebny ka-
 mięni znalazłby się o półtora kilometra od murejsza, z którego został rzucony,
 gdyby nie bezwzględnie. ^{Minowicie} ~~Minowicie~~, przez cały czas wzniesienia się do góry i opadania napowrót,

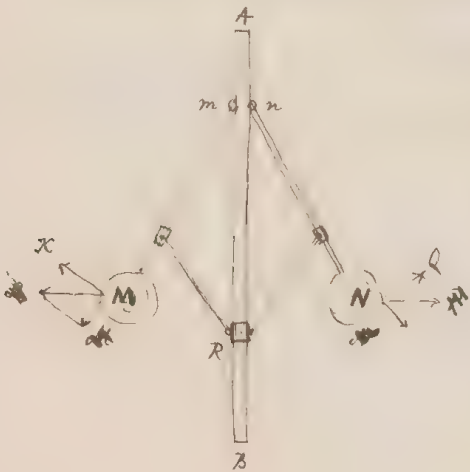






i dośrodkowe, znikną jednocześnie; otwiera zostana, zmniejszone ~~podobieństwo~~ ^{składowe} ~~w kierunku~~ ^{w kierunku} zerwania się, w kierunku AB . Porozumieliśmy jedynie bezwzględność; więc kątami potrzebnymi w kierunku stycznym do drogi, np. w kierunku AB , w kierunku AT .

Istnienie odśrodkowego działania w ruchu obrotowym możemy wykazać następującym doświadczeniem. Do szklanki, ustawionej na sznurku, wkładamy monetę ^(szklankę) ~~obracamy~~ ^{wprawy} ~~około osi~~, ~~podobnie~~, jak kątami ~~obrotu~~. Podobnie obrotu zdarza się, ~~podobnie~~, że szklanka bywa zwrócona do góry dnem; ponieważ to moneta ~~nie~~ ^{z niej} ~~wypadnie~~ ^{nie} ~~szklanki~~. Zastosowanie odśrodkowego działania spotykamy często w ~~machinach~~ ^{machinach i przyrządach}. ~~W~~ ^W zasadzie polega działanie wirówek, osi centryfug, używanych w cukrownictwie oraz w mleczarstwie; podobnie jak działanie regulatorów odśrodkowych, jakie używamy na lokomotywach i innych maszynach parowych (zob. § 5) Na osi AB (rys.), która się obraca, ustawione są dwie kule M, N , mogące zsunąć się i podnieść dzięki zawieskom m, n . Jeżeli osi AB obraca się zbyt szybko, kule podnoszą się do góry pod wpływem działania odśrodkowego; jeżeli natomiast pod wpływem składowych ~~działań~~ ^{działań}, prostopadłych do prostów AM, AN , ~~działań~~ ^{działań} pod wpływem sił MT, NT . ~~Podnoszą się~~ ^{Podnoszą się}, kule wracają



na pierścieni R i na mechanizmie z nim połączony ~~mechanizm~~, który wywołuje wpływ na zmniejszenie się prędkości obrotu. Działanie tego przyrządu można określić na każdym nawoju rozkwartym parą sił.

§ 30. Masa.

Energia, jaką mają rozmaite ciała, gdy poruszają się z prędkością jednakową, jest bardzo rozmaita. Gdyby np. głowka młotka

była zrobiona z drzewa lub z korka, uderzenie takiego młotka sprawiałoby oczywiście skutki nieporównanie mniejsze, niż uderzenie młotka o główkę żelazną. Żeby to wyrazić, powiadamy, że żelazna główka ma większą masę, niż drewniana lub korkowa; to znaczy, że, poruszając się z jednakową prędkością, ma większą energią ruchu. Podobnie też duży kawał żelaza ma masę większą niż mały kawałek żelaza; ciężkim dużym młotem można wbić gwóźdź w zbitą ścianę, bardzo lekko nim uderzając.

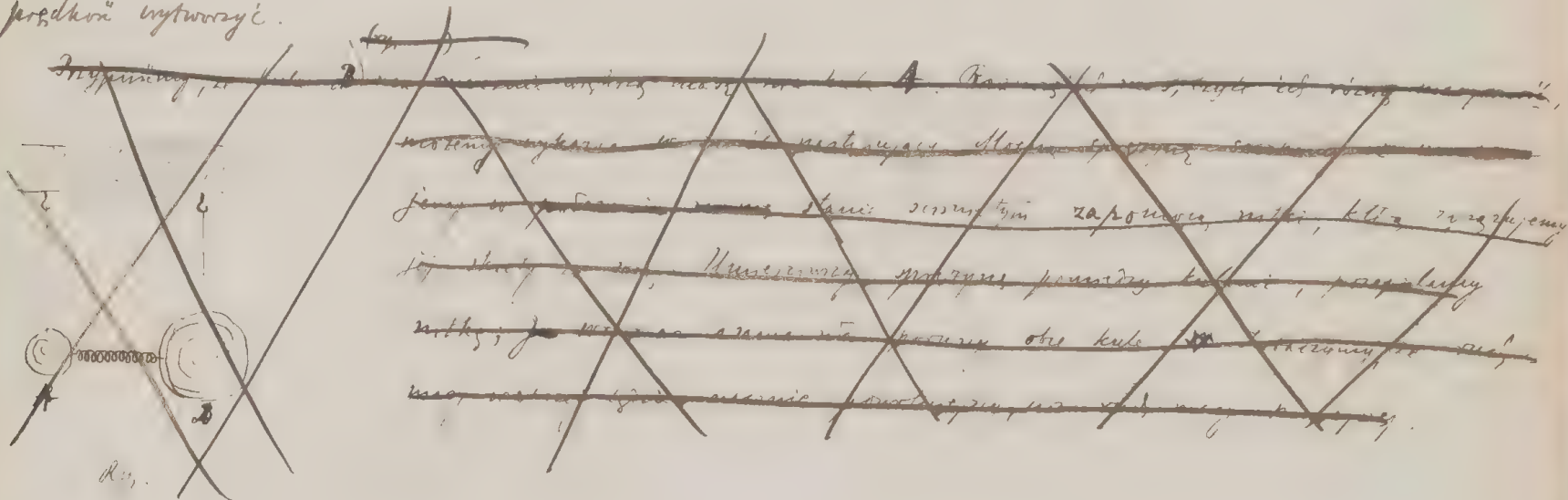


Skoro ciało, przy pewnej prędkości, ma tem większą energią, im większą ma masę, tedy tem ~~znaczniejszej~~ wóczas pracy potrzeba, ażeby w niem tę prędkość wytworzyć. Popchnijmy jednakowo mocno po kolejce (jakie bywają po fabrykach i kopalniach) jeden wózek pusty, a drugi naładowany; pusty potoczy się dalej, więc prędkość, jaką ~~on~~ w nim wytworzył, była większa. Powodem tego była mniejsza jego masa. Że istotnie tak jest, widzimy stąd, że znacznie trudniej jest powstrzymać w biegu wózek naładowany niż wózek pusty, jeśli rozpędzimy jednakowo jeden i drugi. Wózek naładowany ma większą masę, zatem większą energią ruchu przy jednakowej prędkości, więc nie dziwnego, że mu tę jego większą energią odebrać jest trudniej.

tem znaczącej pracy,

$$J = \Delta mgy$$

Masa ciała jest to więc pewna własność, czyli cecha jego, wskazująca, jaką energią ruchu posiada to ciało, gdy porusza się z pewną prędkością; zarazem wskazująca, jakiej potrzeba pracy, ażeby w nim tę prędkość wytworzyć.





§ 26. Masa a ciężar.

Powiedzieliśmy, że główka młotka żelazna ma większą masę niż drewniana lub korkowa; że duży kawał żelaza ma większą masę niż mały; że wózek naładowany ma większą masę niż pusty. Ale wiemy, że główka żelazna jest też i cięższa, czyli ma ciężar większy, niż drewniana lub korkowa; że duży kawał żelaza ma ciężar większy, niż mały kawałek; że wózek naładowany ma ciężar większy, niż pusty. Pokazuje się więc, że *ciało, które ma większą masę, ma też i większy ciężar*.

Lecz cóż to jest ciężar ciała? ~~W~~ to siła, z jaką ziemia ciągnie ciało ~~do~~ ku sobie. Gdy ciało spada swobodnie, zbliża się ono ku ziemi pod działaniem tej właśnie siły. Wystawmy sobie, że np. główka ~~od~~ młotka żelazna spada swobodnie i że jednocześnie główka drewniana też spada swobodnie. Zróbmy to doświadczenie; zobaczymy, że spadają one jednakowo prędko. Jeśli zaczęły spadać razem, to razem też dochodzą do podłogi. Jakim sposobem tak się dzieje? Przecież na główkę żelazną działa siła większa, mianowicie większy jej ciężar? Tak jest; ale główka żelazna, która ma ciężar większy, ma też i masę większą. Większa masa potrzebuje właśnie działania większej siły, ażeby nabyć prędkość taką samą. ~~Wystawmy~~ sobie np., że na zupełnie gładkiej drodze albo na szynach stoją dwa wózki, jeden o masie dwa razy większej niż drugi. Jeśli popchniemy je jednakowo mocno, wózek masywniejszy potoczy się oczywiście z mniejszą prędkością. Ażeby obadwa wózki nabyły jednakowych prędkości, potrzeba dwa razy mocniej popchnąć wózek dwa razy masywniejszy, czyli przyłożyć doń siłę dwa razy większą. Zupełnie podobnie mają się rzeczy ze spadającymi ciałami. ~~Jest~~ ciała bardzo masywne i mniej masywne spadają jednakowo prędko, ~~to~~ widocznie na ciała masywniejsze działa siła przyciągania ziemi większa, na mniej masywne — siła mniejsza. ~~Jest~~ masa jakaś A , dwa razy większa od innej B , spada dokładnie taksamo, jak B , to widocznie siła przyciągania ziemi, działająca na A , czyli ciężar A jest też dwa razy większy od ciężaru B . *Skoro wszystkie ciała, spadając swobodnie, nabywają prędkości jednakowych, jest to dowodem, że ciężary ciał są do siebie w stosunku takim, w jakim są masy tych ciał.*

// 31

316

37

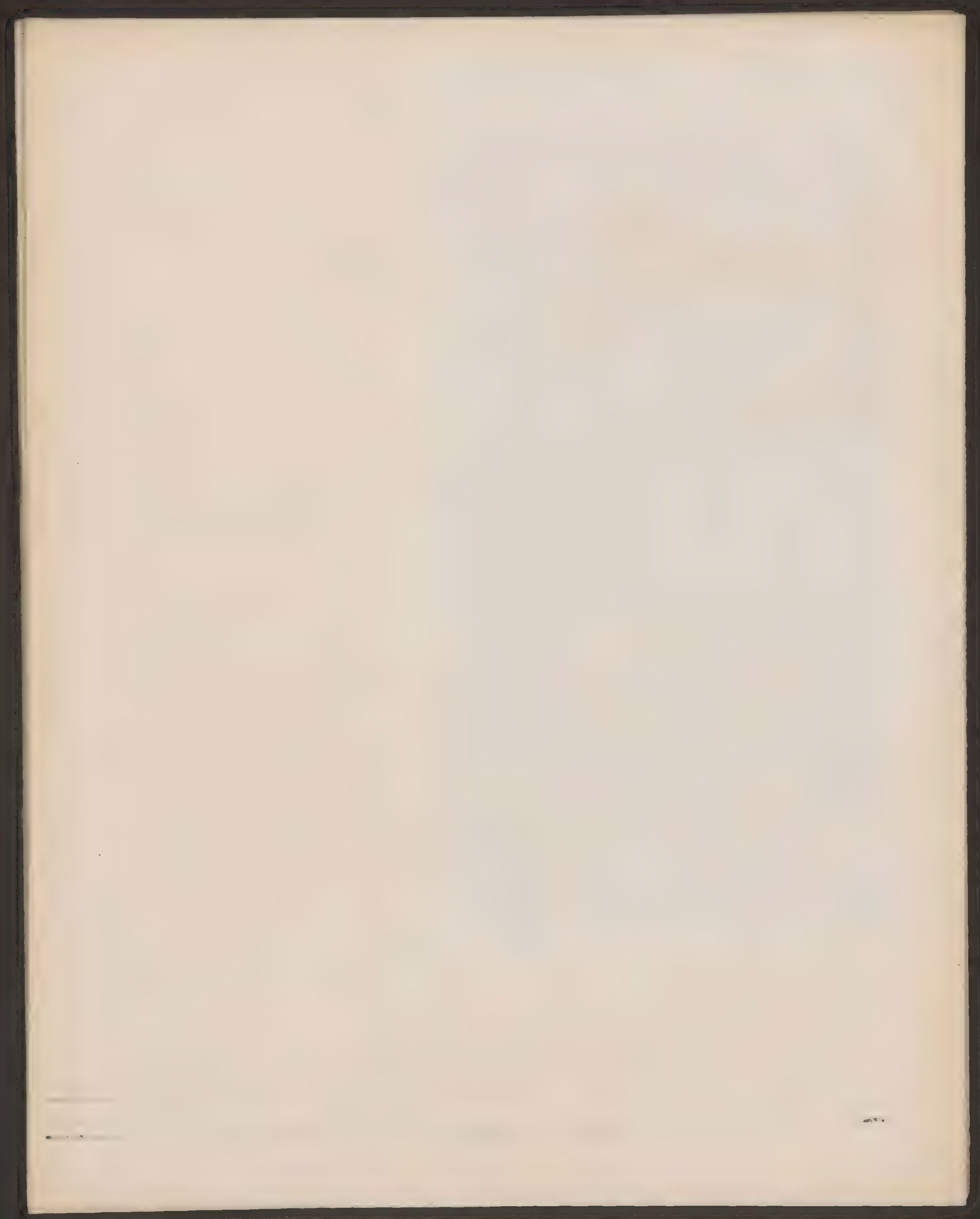
/ / Wózek, ...

/ / Nigdy...

I I Skoro

II wtedy

I I Skoro



Mogłoby się wydawać, że nie wszystkie ciała nabywają prędkości jednakowych w spadaniu swobodnym np. kamyk, moneta, kulka metalowa spadają widocznie prędzej, niż lekkie piórko lub skrawek papieru. Pamiętajmy jednakowoż, że spадanie, jakie widzimy zwyczajnie, *odbywa się w powietrzu*; a ciało, poruszające się w powietrzu, doznaje *oporu*. Powiewając np. wachlarzem lub arkuszem tektury, czujemy opór powietrza. Trzeba uwolnić ciała spadające od tego oporu, ażeby podlegały jedynie działaniu siły ciężkości.



Rys. 25.

§ 27. W próżni wszystkie ciała spadają równie prędko.

W następującem doświadczeniu uwalniamy się od oporu powietrza. Z rury szklanej (rys. 25.), zaopatrzonej w kurek *B* (który można zaśrubować na talerzu pompy pneumatycznej, zob. § 10) wyciągnięto powietrze; trzymamy ją kurkiem do góry, tak że kulka metalowa i piórko (które włożono do rury przed jej zamknięciem) leżą przy końcu *A*. Przewracamy teraz rurę raptownie; widzimy, że kulka i piórko *spadają razem i jednocześnie dochodzą do spodu*. Otworzywszy kurek, wpuszciliśmy tym sposobem powietrze; przekonujemy się, że piórko przybiega później do spodu rury niż kulka. Dlaczego tak się dzieje? Dlaczego opór powietrza opóźnia bardziej spадanie piórka niż spадanie kulki? — Albowiem opór powietrza zależy od powierzchni ciała a nie od jego masy. Piórko ma większą powierzchnię niż kulka, więc doznaje od powietrza większego oporu. Nadto, ponieważ masa piórka jest mniejsza, więc skutek tego oporu na piórka będzie większy.

Weźmy kawałek żelaza *Z* (rys. 26.) i kawałek drzewa *D* i przywiążmy je do siebie zapomocą ~~znurka~~ *znurka*. Kładziemy drzewo na żelazie (rys. 26. u góry) i puszczamy je swobodnie. Gdyby cięższe żelazo miało jakąkolwiek dążność do spadania przedszego, nicby mu nie przeszkadzało wyprzedzić drzewo, odłącząc się od niego, wyprężyć ~~znurka~~ *znurka*, jak na rys. 26. u dołu. Ale tego bynajmniej nie widzimy: oba ciała spadają razem i dobiegają ziemi razem, jak na rys. 26. u góry. Przeciwnie, gdybyśmy ujeli *D* w rękę, pozwolili żelazu *Z* zawisnąć (rys. 26. u dołu) i w tem położeniu ciała puścili, wówczas w temsamem położeniu dobiegają ziemi. To dowodzi, że kawałek drzewa nie ma żadnej dążności do spadania przedszego niż kawałek żelaza; obadwa ciała dążą do poruszania się z jednakową prędkością pod wpływem ciężkości.



Rys. 26.

Ponawiamy zatem, że wszystkie ciała spadają jednakowo prędko pod działaniem siły ciężkości, samej samej.

§ 33. Czy spadają ciała pod działaniem ciężkości.

Przedmyślowo
Czy jakiegoś rodzaju masywność ciała pod działaniem ciężkości? ~~nie~~
Zauważmy, że ~~ciężkie~~ *ciężkie* ciała ~~spadają~~ *spadają* ~~prędzej~~ *prędzej*, ~~ponieważ~~ *ponieważ* ~~nie~~ *nie* ~~spadają~~ *spadają* ~~prędzej~~ *prędzej* (5)

/mazi

V;

// 32

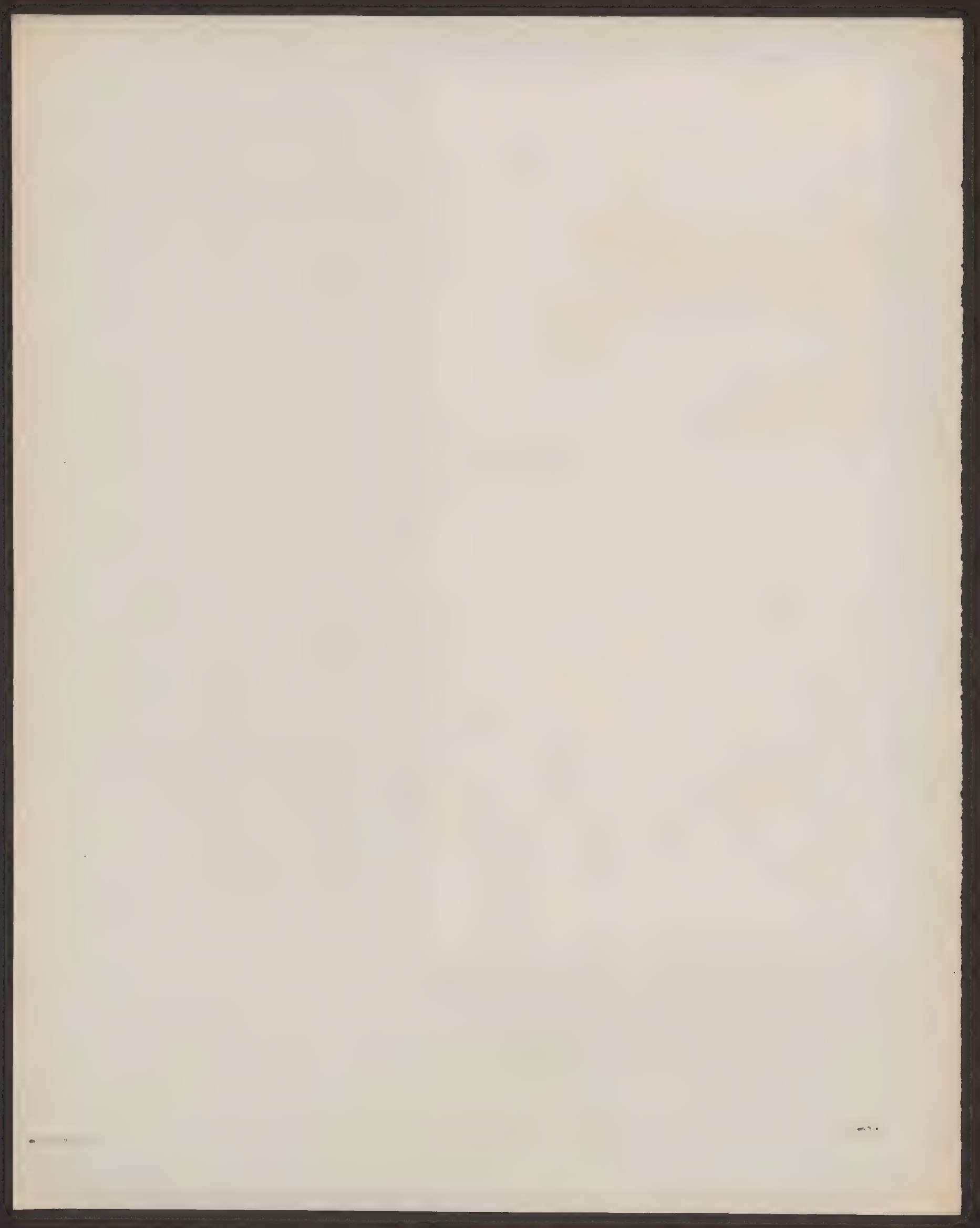
≡ ?

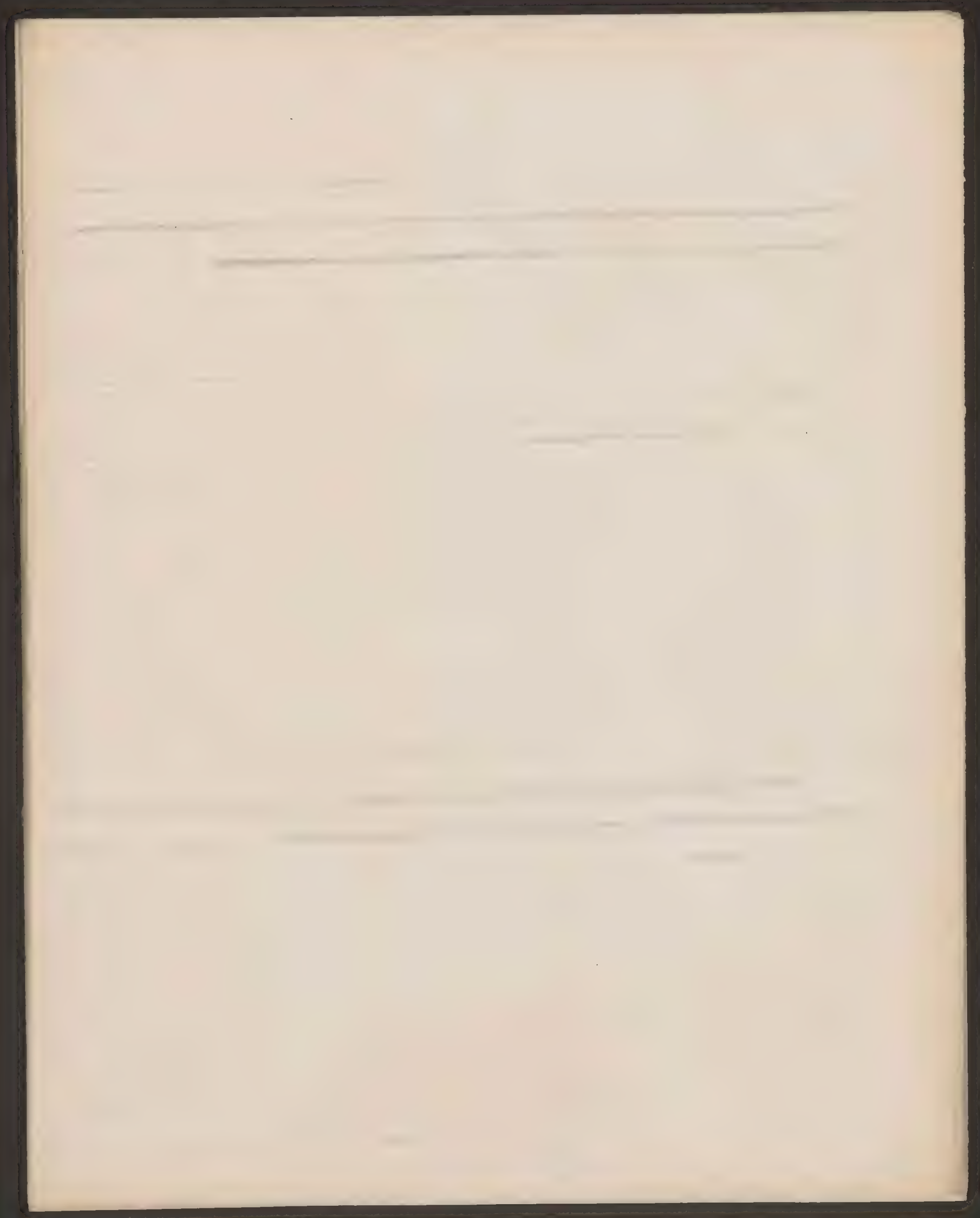
V i powt. ~~arajac~~ *arajac* doświadczenia raz jeszcze,

ruchu

H nitki.

t t nitki



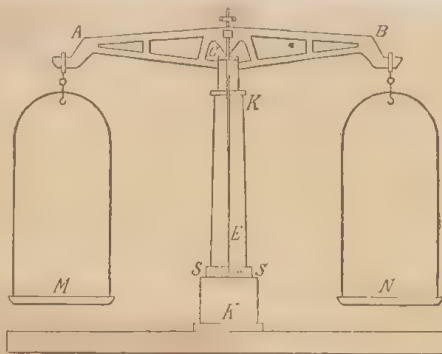


W czasie spadania prędkość ciała zwiększa się nieustannie; a zatem już w ciągu pierwszej sekundy prędkość ta musiała zwiększać się ciągle, i stawać się coraz większą. Jest to więc po-
 dwojnie w miarę pierwszej sekundy na 981 ^{drobnych} stóp (czyli, będącym masie, przyspieszenia: po-
 zytowna prędkość jest zero, i równa zero; w końcu pierwszej ^{całej} części sekundy, prędkość
 wynosi 1 cm. na sek., w końcu drugiej takiej samej części wynosi 2 cm. na sek., w końcu trzeciej
 3 cm. na sek. i t. d., w końcu przedostatniej, lub 980-mej, wynosi 980 cm. na
 sek., w końcu ostatniej, czyli w końcu całej pierwszej sekundy wynosi 981 cm. na sek. To-
 raz średnia pomiędzy 0 a 981 jest 490,5; średnia pomiędzy 1 a 980 jest także 490,5;
 pomiędzy 2 a 979 pomiędzy 3 a 978 i t. d. średnia ciągle wynosi 490,5. A zatem
 średnia prędkość ciała (zob. § 11) w ciągu pierwszej sekundy wynosi 490,5 cm. na sek. ^{całej}
 Wiemy, że § 11-go, że w takim razie ciało spadające musiałoby, ~~przebieg~~ w ciągu pierwszej
 sekundy, przebiec taką drogę, jak do tego musiałoby w jednostajnym i przyspieszonym stałym
 i równym 490,5 cm. na sek.; a ^{przebiec} przebieg 490,5 cm. i zatem wysokość ciała, spadającego
 w próbie swobodnie, przebiega 490,5 cm. w ciągu pierwszej sekundy.

§ 34. Mierzenie mas.

Pomiedzyliśmy w § 32-im, że wszystkie ciała, lekkie i ciężkie, nadążają, prędkości jednako-
 mych w czasie sekundy, pod działaniem samej tylko siły ciężkości. To zaś, jak wiemy

z § 31-go, jest dowodem, że masy
 większe mają też ciężary
 większe, mianowicie więk-
 sze w tym samym stosunku.
 Zatem, żeby mierzyć masy,
 trzeba mierzyć ciężary ciał.
 Do tego celu służy waga.
 Składa się ona z belki AB
 (rys. 27.), w której pośrodku
 mieści się na dół zwrócony
 trójkątny słupek czyli przy-
 zmat C ; tym przyzmatem



Rys. 27.

belka spoczywa na podstawce K tak, iż ostrze przyzmatu stanowi
 oś, około której belka się waha. Belka dzwiga z dwóch stron szalki
 M , N ; w pośrodku opatrzona jest we wskazówkę E ; kołysanie się



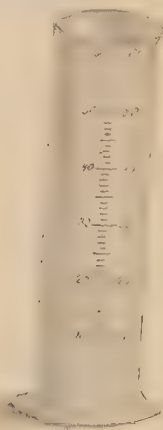
belki poznajemy po ruchu tej wskazówki przed podziałką SS. Waga taka działa zupełnie, jak dźwignia z rys. 17. i 18. w § 14., wogóle jak dźwignia równoramienna. Dopóki szalki są puste, belka znajduje się w równowadze, gdyż szalki są jednakowo ciężkie. Skoro naciśniemy łagodnie jedną szalkę, belka zaczyna się kołysać, ale się nie przewraca. Kiedy na jednej szalce, np. na prawej, leży ciało cięższe niż na drugiej, szalka prawa przeważa, wskazówka idzie na lewo. Ujmując albo dokładając ciężaru, doprowadzamy do tego, że wskazówka stoi nieruchomo w pośrodku skali lub też wychyla się w obie strony jednakowo daleko. Na szalkach leżą wówczas ciała, których ciężary są równe. W ten sposób porównujemy ciężary różnych ciał z ciężarem umyślnie przygotowanych ciężarków; ciężar ich jest znany, t. j. porównany z jednostką ciężaru.

V jak porównujemy w § 19-u.

A jak porównujemy, w której wadze, powinnym być równowaga.

Waga, która służy do porównywania ciężarów, nazywamy wagą równoramienną. Waga taka działa zupełnie, jak dźwignia z rys. 17. i 18. w § 14., wogóle jak dźwignia równoramienna. Dopóki szalki są puste, belka znajduje się w równowadze, gdyż szalki są jednakowo ciężkie. Skoro naciśniemy łagodnie jedną szalkę, belka zaczyna się kołysać, ale się nie przewraca. Kiedy na jednej szalce, np. na prawej, leży ciało cięższe niż na drugiej, szalka prawa przeważa, wskazówka idzie na lewo. Ujmując albo dokładając ciężaru, doprowadzamy do tego, że wskazówka stoi nieruchomo w pośrodku skali lub też wychyla się w obie strony jednakowo daleko. Na szalkach leżą wówczas ciała, których ciężary są równe. W ten sposób porównujemy ciężary różnych ciał z ciężarem umyślnie przygotowanych ciężarków; ciężar ich jest znany, t. j. porównany z jednostką ciężaru.

Porównujemy ciężary różnych ciał z ciężarem umyślnie przygotowanych ciężarków; ciężar ich jest znany, t. j. porównany z jednostką ciężaru.



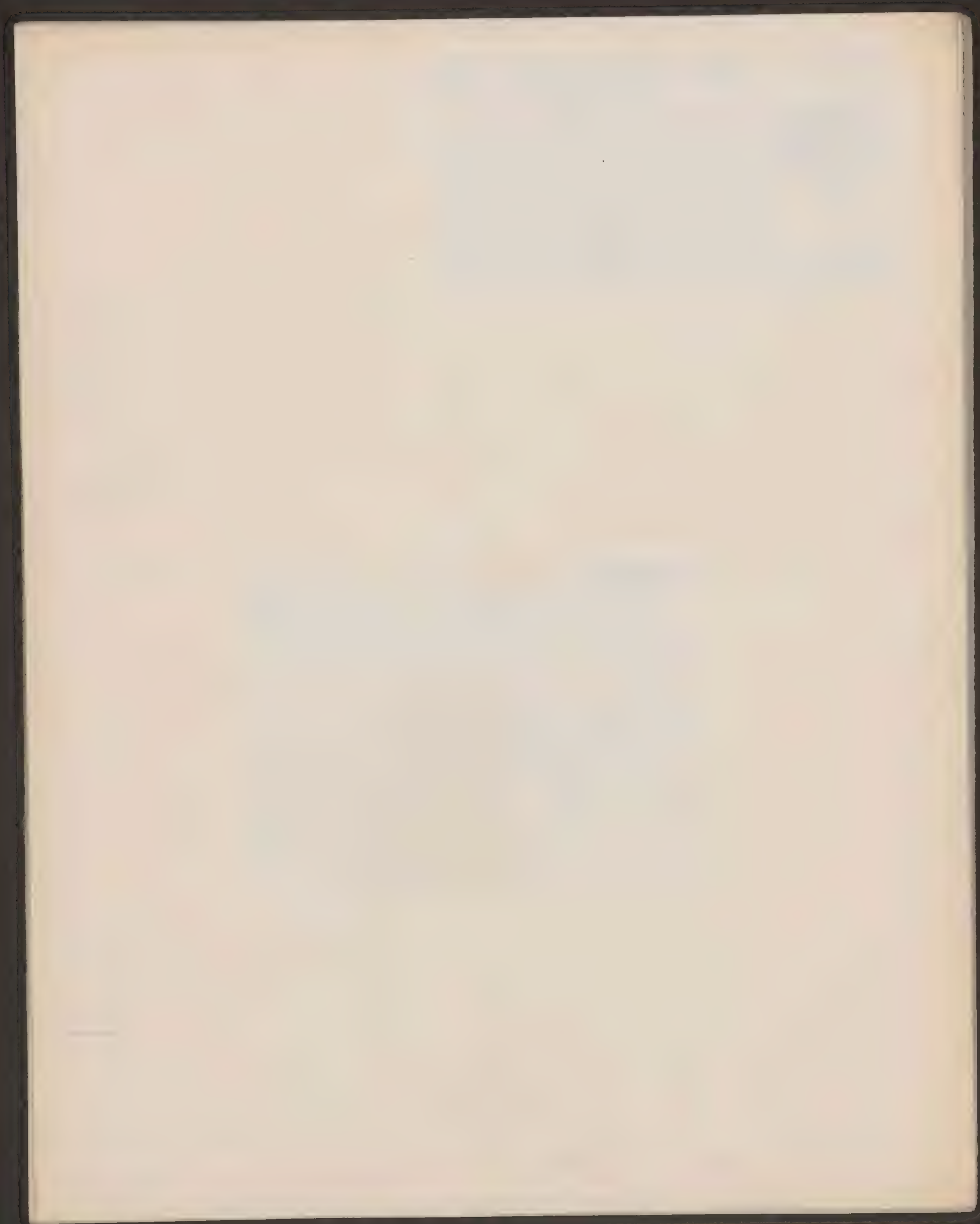
Rys. 28.

sprawdzić rzetelność gotowego kubka. Można też i na odwrót, mając kubek dzielony, sporządzić gramowe ciężarki.

ważymy, z masą ciężarków a za ich średnictwem — z masą, obraną za jednostkę. Za jednostkę masy obrano gram (g), t. j. masę jednego centymetra sześciennego czystej wody. Dziesięć gramów nazywamy dekagramem, tysiąc gramów — kilogramem, tysięczną zaś część grama — miligramem. A zatem milimetr sześcienny wody ma masę miligrama, czyli waży miligram; litr (czyli decymetr sześcienny) wody waży kilogram, metr sześcienny wody waży tysiąc kilogramów.

Na rys. 28. widzimy kubek szklany dzielony: skala nacięta na szkle oznacza, że aż do kreski 10 np. mieści się w nim dziesięć gramów wody i t. d. Mając wagę i dokładne ciężarki, można przyrządzić taki kubek albo też sprawdzając rzetelność gotowego kubka. Można też i na odwrót, mając kubek dzielony, sporządzić gramowe ciężarki.

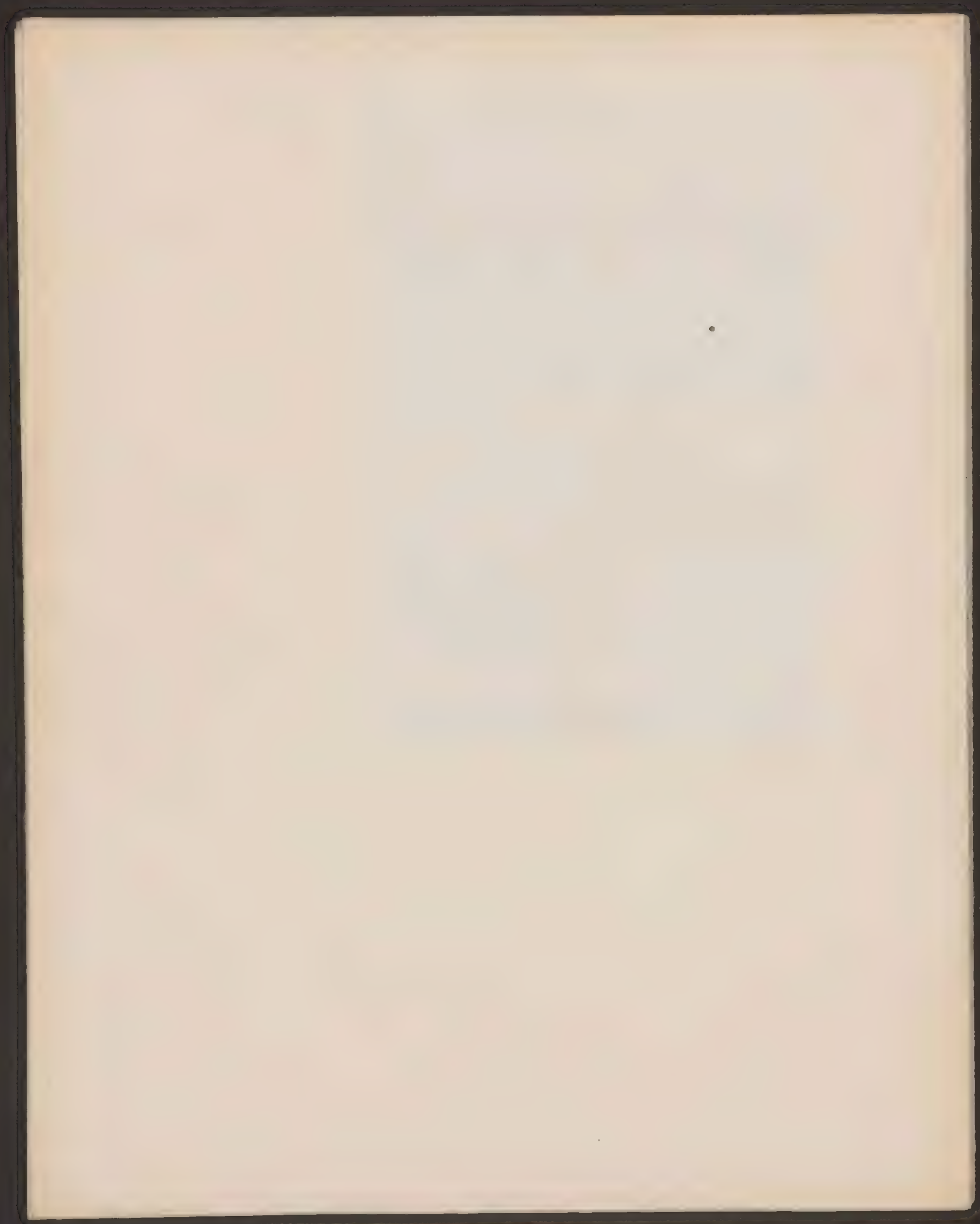
Waga, która służy do porównywania ciężarów, nazywamy wagą równoramienną. Waga taka działa zupełnie, jak dźwignia z rys. 17. i 18. w § 14., wogóle jak dźwignia równoramienna. Dopóki szalki są puste, belka znajduje się w równowadze, gdyż szalki są jednakowo ciężkie. Skoro naciśniemy łagodnie jedną szalkę, belka zaczyna się kołysać, ale się nie przewraca. Kiedy na jednej szalce, np. na prawej, leży ciało cięższe niż na drugiej, szalka prawa przeważa, wskazówka idzie na lewo. Ujmując albo dokładając ciężaru, doprowadzamy do tego, że wskazówka stoi nieruchomo w pośrodku skali lub też wychyla się w obie strony jednakowo daleko. Na szalkach leżą wówczas ciała, których ciężary są równe. W ten sposób porównujemy ciężary różnych ciał z ciężarem umyślnie przygotowanych ciężarków; ciężar ich jest znany, t. j. porównany z jednostką ciężaru.



Ważne jest, aby pamiętać, że w tym czasie, kiedy w Warszawie panuje zima, w Krakowie jest już wiosna. W tym czasie, kiedy w Warszawie panuje zima, w Krakowie jest już wiosna.

Wskazywać, że w tym celu, w celu zbadania, jakiego rodzaju jest praca, należy ją podzielić na części, które są różnymi rodzajami pracy. Wskazywać, że w tym celu, w celu zbadania, jakiego rodzaju jest praca, należy ją podzielić na części, które są różnymi rodzajami pracy. Wskazywać, że w tym celu, w celu zbadania, jakiego rodzaju jest praca, należy ją podzielić na części, które są różnymi rodzajami pracy.

- [illegible]



§ 29. Gęstość.

11 36

Zróbmy sześciiany, mające po centymetrze długości w krawędzi, a więc równe każdy centymetrowi sześciennemu. Zróbmy jeden z ołowiu, drugi z żelaza, trzeci ze szkła, czwarty z lodu, piąty z drzewa (np. jodłowego), szósty z korka. Widzimy od razu, że sześciian ołowiany jest najcięższy, a korkowy najlżejszy. Ale za pomocą wagi możemy poznać dokładniej, że:

sześciian	waży około	sześciian	waży około
ołowiany	11 gramów	— z lodu	$\frac{8}{10}$ grama
żelazny	$7\frac{1}{2}$ „	— z drzewa	$\frac{1}{2}$ „
szklany	$2\frac{1}{2}$ „	— z korka	$\frac{1}{4}$ „

Gdyby można było zrobić z wody taką samą bryłkę, równą centymetrowi sześciennemu, ważyłaby ona jeden gram. Widzimy więc, że w pewnej objętości ołowiu, żelaza i szkła mieści się masa większa, niż w tejsamej objętości wody; a w pewnej objętości lodu, drzewa i korka mieści się masa mniejsza, niż w tejsamej objętości wody. Mówi się, że ołów, żelazo i szkło są *gęstsze* a lód, drzewo i korek — *mniej gęste* niż woda. Gęstością nazywa się liczba gramów w centymetrze sześciennym. A zatem woda ma gęstość 1, ołów ma gęstość 11, żelazo $7\frac{1}{2}$, szkło $2\frac{1}{2}$, lód 0·9, drzewo jodłowe 0·5, korek 0·25. *Miedź ma gęstość 9, metal glin (aluminium) ma gęstość 2,7 a więc*

jak na metal bardzo niewysoką.

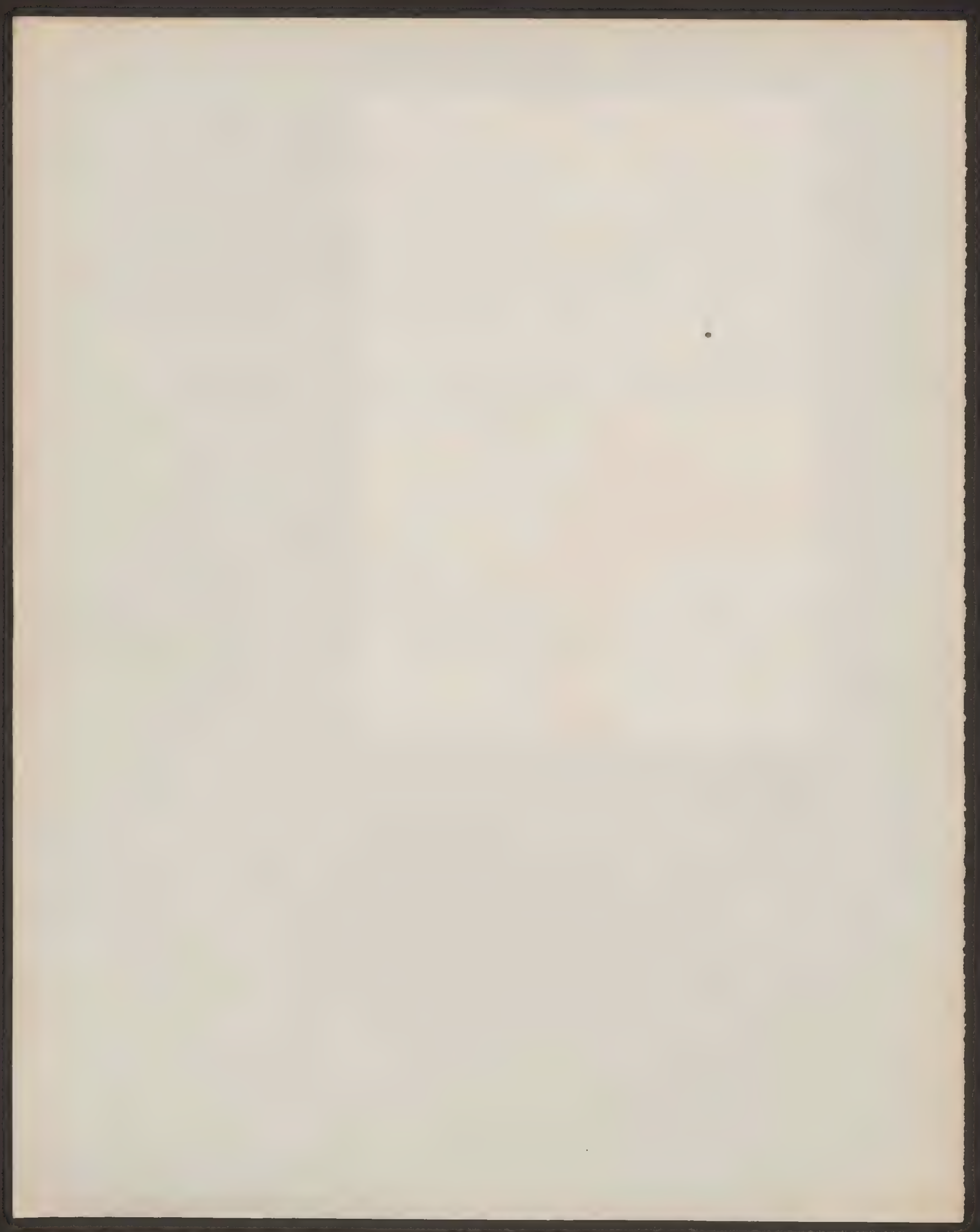
Rtęć jest cieczą, taksamo jak woda, ale ma gęstość bardzo znaczną. Zrównoważmy na szalkach wagi dwa kubki jak na rys. 28. Jeśli do jednego wlejemy 10 centymetrów sześciennych rtęci, trzeba będzie wlać do drugiego 135 centymetrów sześciennych wody, żeby przywrócić równowagę. Zatem gęstość rtęci wynosi 13·5. Gęstość alkoholu (wysokoku) wynosi 0·8, a gęstość oliwy 0·9. Mierzmy gęstość tych cieczy najlepiej zapomocą bańki szklanej (rys. 29.), którą ważymy najprzód pustą, później pełną wody (aż do jakiejś kreski w wydrążonym koreczku), pełną alkoholu, oliwy i t. d. Odejmując za każdym razem ciężar bańki pustej, znajdziemy ciężary wody, alkoholu, oliwy, które wypełniały tę samą objętość a stąd gęstość alkoholu i oliwy.

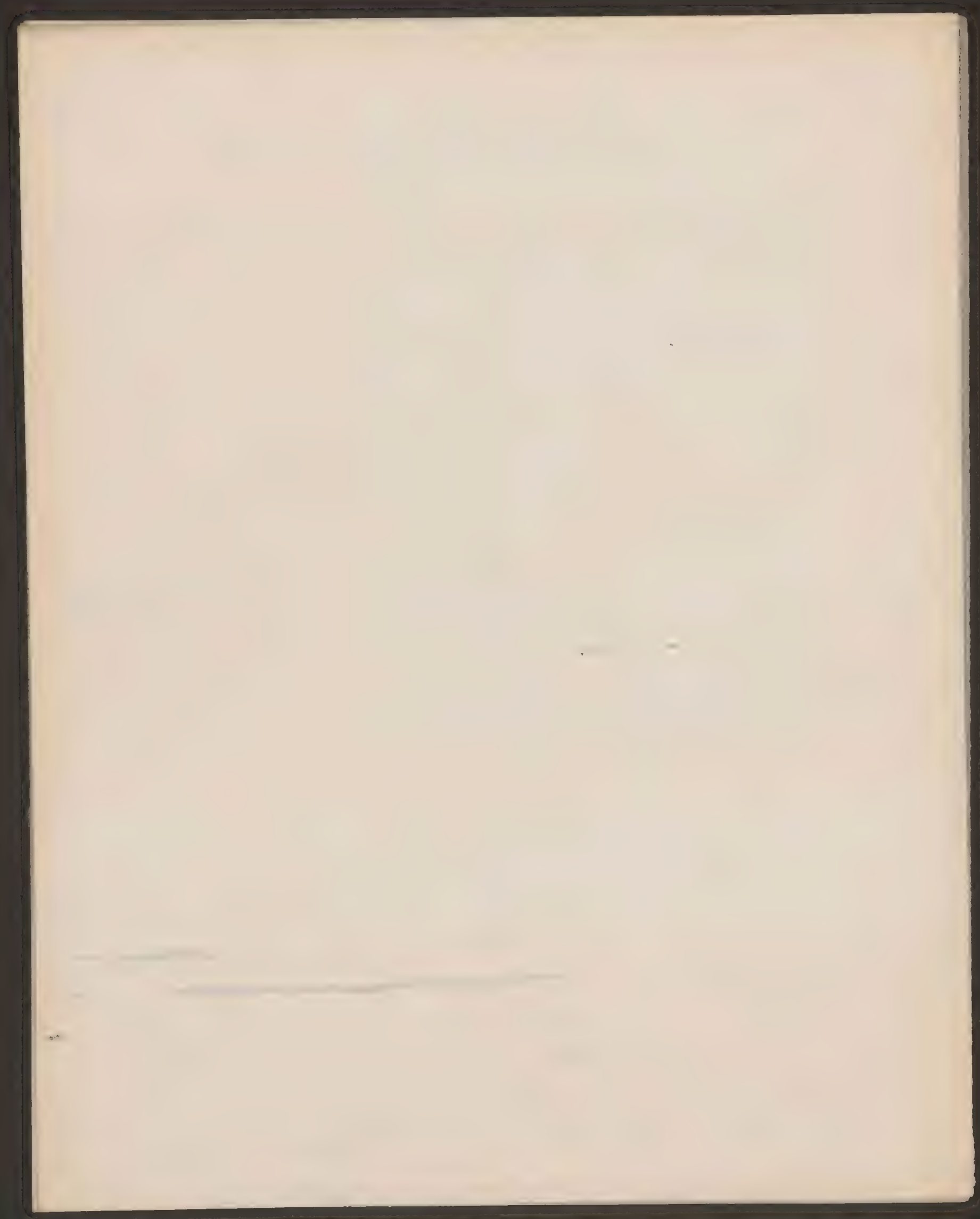


Rys. 29.

gęstość gliceryny około 1·25

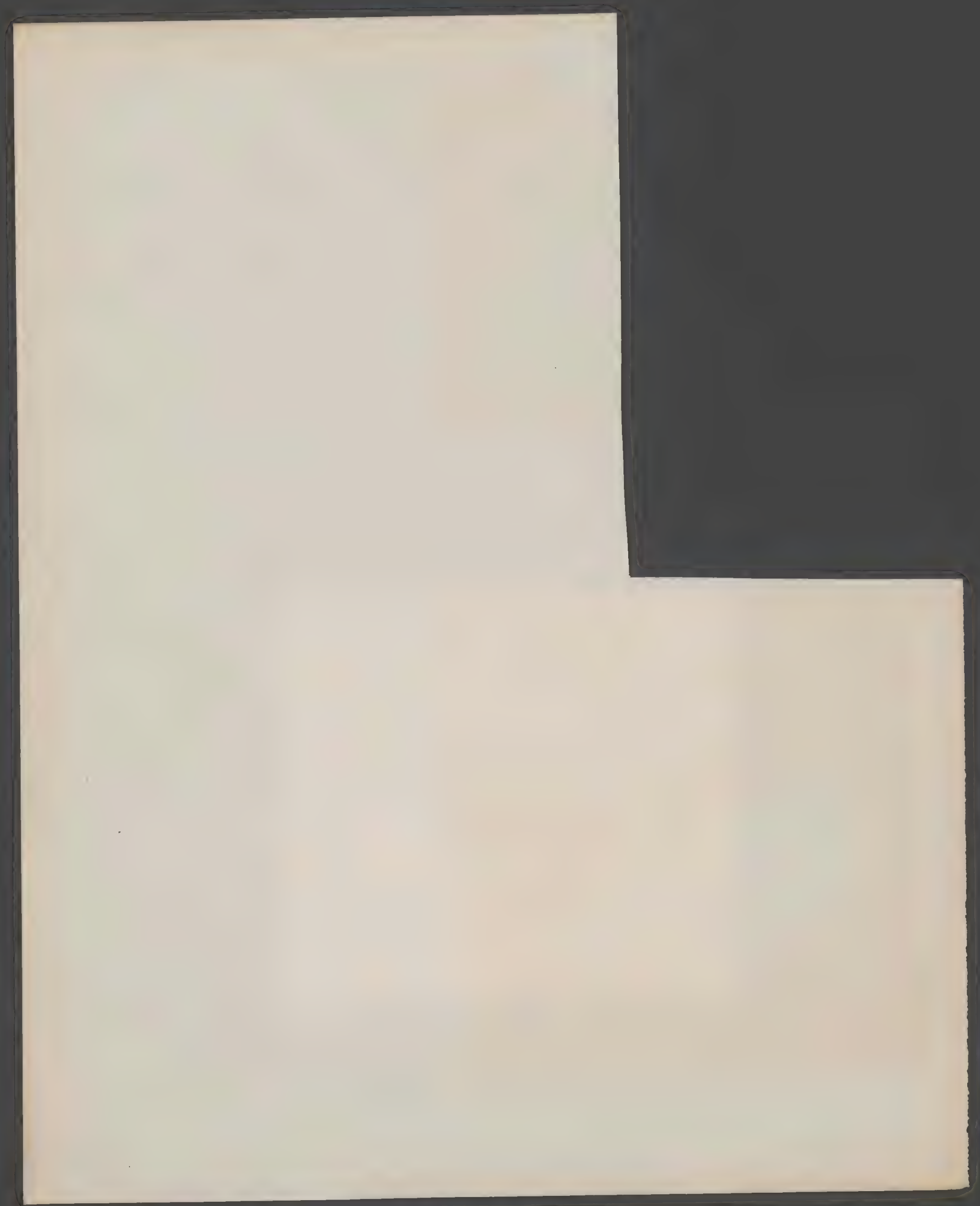
gęstość oliwy wynosi około 0·85 ;











§ 31. Bieg księżyca dookoła ziemi.

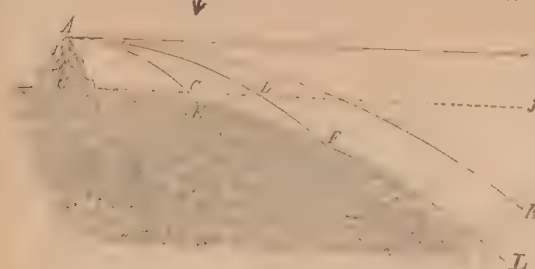
11 42

43

Wiemy, że ziemia nie jest płaska, lecz kulista; rozważmy więc ruch naszej kuli, pamiętając o tem. Na rys. 31. widzimy część

zostaje na

asymetrię z § 41-go,



Rys. 31.

ziemi GEFL. Gdyby ziemia była płaska, kula, wystrzelona z A, byłaby spadła, jak powiedzieliśmy, w C; istotnie więc spadnie nie w C, lecz w E. Wystrzelona silniej, spadnie nie w D, lecz w F. Widzimy, że

powierzchnia ziemi GL obniża się coraz bardziej pod poziom linii GJ tak, jak linie AE i AF obniżają się pod poziom AZ; tylko, że linie AE i AF obniżają się prędzej, więc dochodzą do powierzchni ziemi GL. Możemy jednak pomyśleć, że wystrzelono kulę z wierzchołka A z taką prędkością, że pobiegnie ona po drodze AK, t. j. po drodze, która obniża się zupełnie taksamo pod poziom AZ, jak GL obniża się pod poziom GJ. Wówczas kula, chociaż ciągle

(kursywa)

Powiadamy, iż)

kulę z taką prędkością; ~~ale~~ środki dotychczas znane nie wystarczają na to, aby to rzeczywiście wykazać. Wyobraźmy sobie ~~jak~~, że wynaleziono sposób wyznaczania porisków ~~potrzebny~~ potrzebniejszy, niż dotychczas ~~z~~ armaty; że ~~z~~ wystrzelono kulę z wierzchołka A z taką prędkością, iż ~~potrzebnie~~ ona po drodze AK. Wówczas kula, chociaż ciągle

spada, nie zbliża się do ziemi; o ile bowiem kula zniża się pod działaniem ciężkości, o tyleż zniża się powierzchnia ziemi wskutek swej kulistości. Co zatem stanie się z kulą? okrąży ziemię i powróci do A ze strony przeciwnej. Gdyby ~~nagle~~ w którymś miejscu tej drogi siła ciężkości działać przestała, kula pobiegłaby dzięki bezwładności po linii takiej, jak AZ w miejscu A; ale tak być nie może, bo siła ciężkości jest czynna ciągle, bez przerwy. Więc działanie ciężkości polega na tem, że zakrzywia ona ustawicznie drogę naszej kuli i tym sposobem nie pozwala jej odbieść od ziemi; a znowu bezwładność kuli krążącej nie pozwala jej uleść ciężkości i upaść na ziemię.

np. w A,

↑ nagle

↓ (czyli) potrzebny styl;

Wiemy, że siła ciężkości działa na najwyższych górach i w największych wysokościach, do jakich wzniesiono się balonami. Księżyc znajduje się jeszcze znacznie wyżej nad nami, znacznie dalej od ziemi; ale niewątpliwie i w księżycowej odległości ciężkość jeszcze jest czynna. Teraz rozumiemy, dlaczego księżyc obiega wciąż naszą ziemię dookoła, ani nie spadając na nią, ani nie odbiegając od niej. Bo księżyc krąży tak, jak nasza kula, która pobiegła po drodze AK. Zatem ta sama siła przyciągania ziemi, która nadaje ciałom ciężar, która wypręża pion i zmusza upuszczone jabłko do spadania, ta sama siła nie pozwala księżycowi odbieść po linii takiej, jak AZ w miejscu A (rys. 31.), lecz ustawicznie zakrzywia jego drogę i zmusza go tym sposobem do krążenia dookoła ziemi.

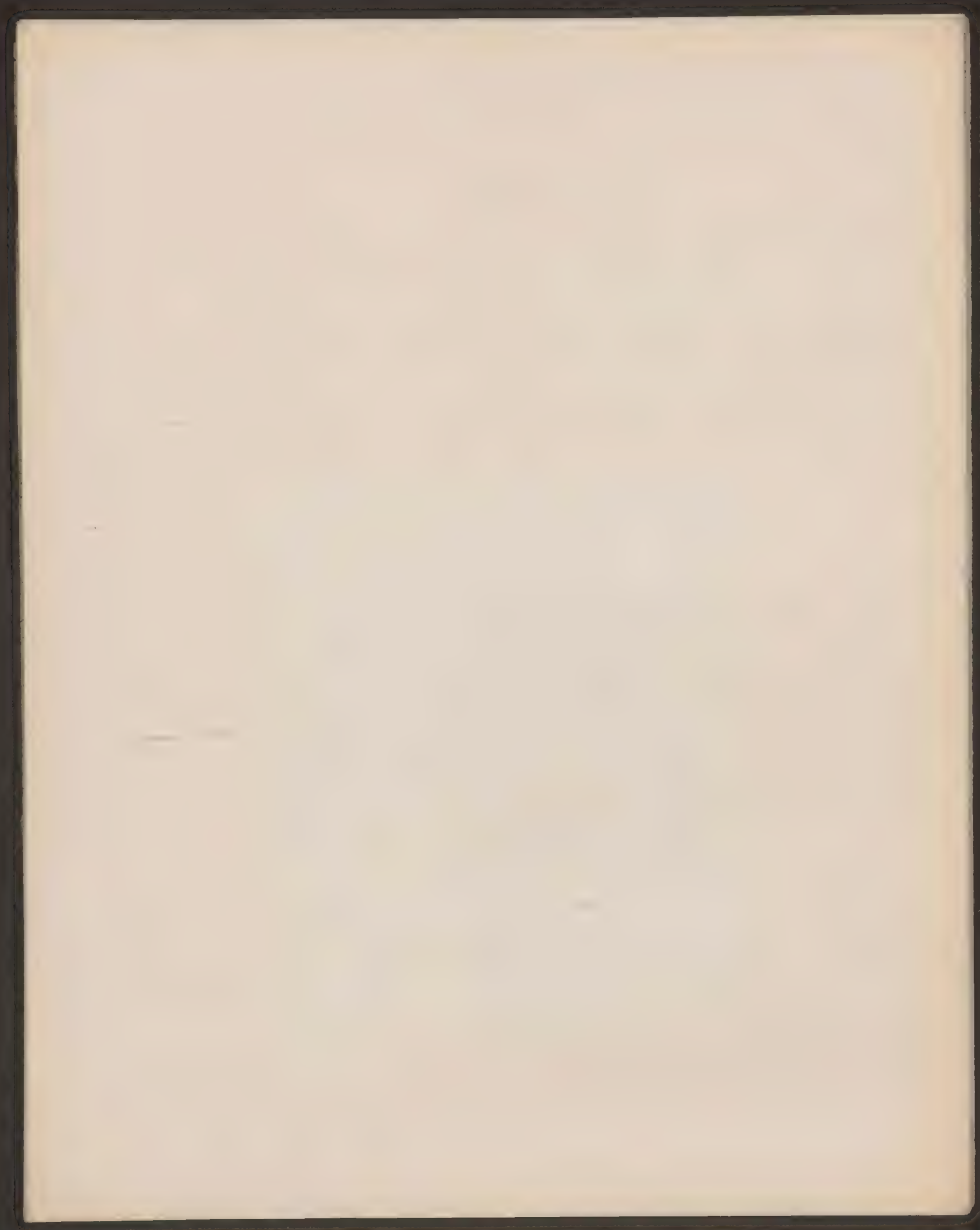
31, 32, 34 i 39.

Jak powiedzieliśmy w §§ 26 i 28, im większą masę ma jakie ciało, tem też większy ma ciężar, a mianowicie większy w tym samym stosunku. Ponieważ zaś ciężar ciała to siła przyciągania, jaką ziemia (na to ciało) wywiera, więc powiadamy: siła przyciągania ciała przez ziemię jest tem większa, im

↑ jest

większa jest masa tego ciała, a mianowicie większa w tym samym stosunku, jak masa.





nie w odległości krzyżowej. Ząd wnosi, że przyciąganie ziemskie jest 3600 razy słabsze
w odległości krzyżowej od środka ziemi niż na powierzchni ziemi; to znaczy, że w odległości
która promieniu ziemskiemu jest 3600 razy słabsze, niż w odległości jednego promienia. Ład.

$$3600 = 60 \times 60$$

Wtedy, ustawiamy liczbę 3600 kwadratem liczby 60. W takim powiadamy: gdy ciało oddala się
od ziemi, przyciąganie, którego od niej doznaje, zmniejsza się tyle razy, ile razy zwiększa się
kwadrat odległości jego od środka kuli ziemskiej. Można też krócej powiedzieć: przyciąganie ziemskie
zmniejsza się stosunkowo odwrotnie do kwadratu odległości.

§ 33. Ciężenie powszechne.

Jak księżyc dookoła ziemi, podobnie krąży ziemia dookoła słońca. Utrzymując się w odległości 149 milionów kilometrów od słońca i obie-
gając w ciągu roku koło, zakreślone tak ogromnym promieniem, ziemia nasza w ciągu sekundy przebiega blisko 30 kilometrów (do-
kładniej 29.6). Ziemię, ożywioną taką znaczną prędkością, utrzy-
muje na wodzy przyciąganie słońca, albowiem przyciąganie działa
pomiędzy słońcem a ziemią podobnie, jak działa ono pomiędzy ziemią
a księżycem. Bryła słoneczna utrzymuje swem przyciąganiem na
wodzy nie tylko ziemię, lecz również i inne ciała niebieskie, które
widujemy nocą jako świetne gwiazdy i które nazywamy planetami.
Słońce przyciąga ziemię i planety, ustawicznie zakrzywia ich drogi
i zmusza je tym sposobem do krążenia dookoła siebie.

Dokoła niektórych planet biegną księżyce, podobnie jak dookoła
naszej ziemi; planety przyciągają swoje księżyce, podobnie jak ziemia
nasza przyciąga księżyc, jak słońce przyciąga ziemię i planety.
Co więcej: i księżyc przyciąga ziemię; i ziemia
przyciąga słońce; i planety przyciągają słońce i są przyciągane przez
swoje księżyce. Przyciąganie pomiędzy ciałami jest zawsze obu-
stronne, wzajemne, dlatego nazywamy je także ciężeniem. Jest
ono tem większe, im większe są masy przyciągających się ciał.
Ziemia więc przyciąga kamień i kamień przyciąga ziemię; przycią-
ganie z obu stron jest dokładnie jednakowe, ponieważ zależy za-
razem od masy ziemi i od masy kamienia; ale tasama siła nadaje
ciału prędkość tem mniejszą, im masa tego ciała jest większa
(§ 32). Owóż masa ziemi jest miliony milionów razy większa, niż
masa kamienia; dlatego, gdy oba ciała poczynają spadać ku sobie,
bieg ziemi ku kamieniowi jest miliony milionów razy powolniejszy,
niż bieg kamienia ku ziemi. Powiadamy, zatem, że przyciąganie pomiędzy dwoma ciałami jest

zawsze obustronne, wzajemne; jest to zresztą tylko przykład na ogólną zasadę (§ 13), że z wzajemnem
działaniem, z ~~obustronnością~~ ^{obustronnością} wszelkiej wogóle siły, połączone jest przeciwdziałanie, czyli istnienie
siły równie znaczącej, ale ~~skierowanej~~ ^{wprost przeciwnie skierowanej}.

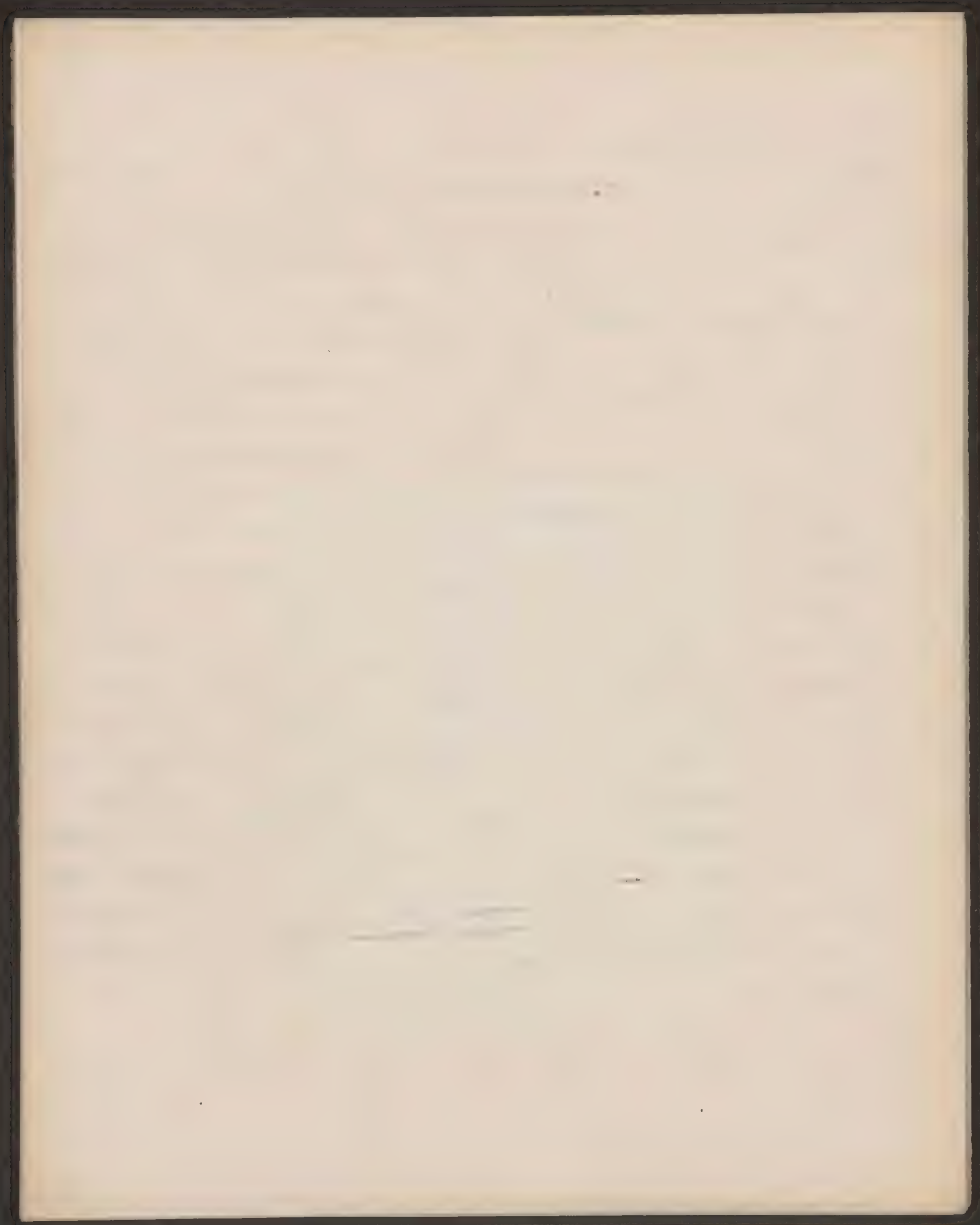
11 44

/utwierdzenie/

X (10 5 13)

11 35

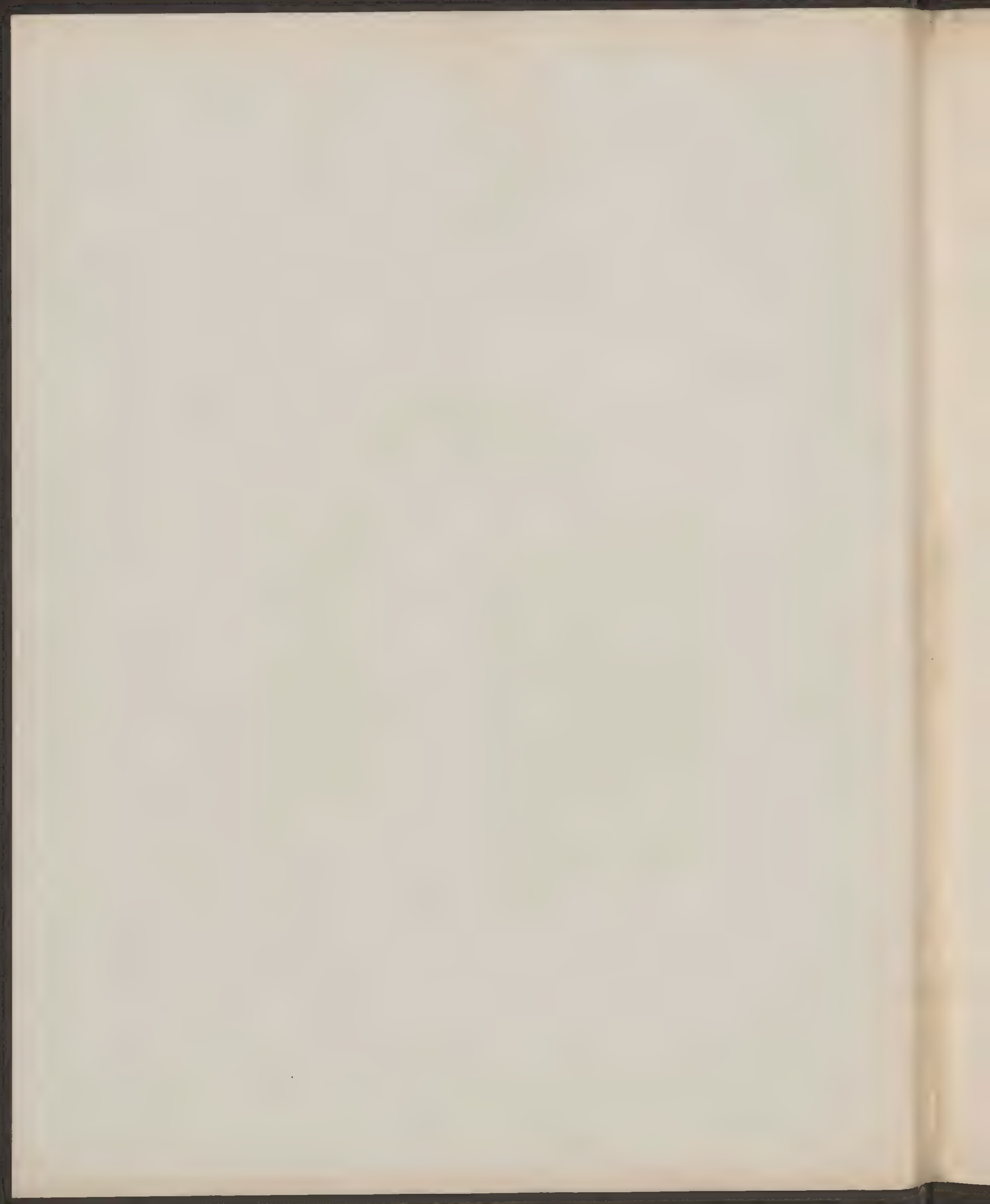




29
37

Rodinn II





ROZDZIAŁ DRUGI.

O ciałach stałych, ciekłych i gazowych.

§ 33. Objętość a postać.



Rys. 32.

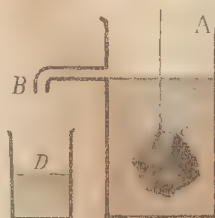
Każde ciało ma pewną *postać*. Cegła np. ma postać prostopadłościanu, świeca i ołówek — postać walca, lejek ma postać stożka. *Postać* jest to własność zupełnie inna niż *objętość* (§ 1.).

Dwa sześciiany np. lub dwa stożki na rys. 32. mają jednakową postać, lecz niejednakową objętość. Dwa walce na rys. 33. mają przeciwnie jednakową objętość, postać zaś niejednakową. W ogóle dwa ciała *różnej* i niepodobnej postaci mogą mieć objętość *jednakową*. Weźmy naczynie



Rys. 33.

nie *A*, opatrzone w wypływ boczny *B*, rys. 34.; napelnijmy je wodą, a kiedy wypływ przez *B* ustanie, wprowadźmy ciało *C* i zbierzmy w *D* wodę, którą *C* wypchnęło. Ciało *C* ma tyle centymetrów sześciennych objętości, ile gramów waży woda zebrana (§ 28.). Jakakolwiek jest postać ciała *C*, objętość jego będzie takasama, jak objętość wody w *D*. Jeśli kamień, ręka, roślina wypychają jednakową ilość wody, mają objętość jednakową, równą objętości wody wypchniętej.



Rys. 34.

§ 34. Ciała stałe i ciekłe.

Kawałek drzewa leży na stole; ma on pewną postać, np. jest długim i cienkim prostopadłościanem. Jeśli go położymy na boku, postawimy pionowo lub wstawimy do szklanki, *nie zmieni postaci*, pozostanie takim prostopadłościanem jak przedtem. Podobnie zachowa się kawałek żelaza, kawałek szkła, kawałek kauczuku. Każdy ma własną postać i zachowuje ją bez względu na ciało, przy których lub na których się znajduje. Nazywamy dlatego kawałek drzewa ciałem *stałym*; kawałek żelaza, szkła, kauczuku jest podobnie ciałem *stałym*. Zupełnie inaczej zachowuje się *woda*. Woda nie ma wcale własnej postaci; nie można powiedzieć: »kawałek wody«. Nalana do szklanki, woda przybiera postać jej wnętrza; przelana do karafki, przybiera postać wnętrza karafki (rys. 35.). *Woda zmienia postać z wszelką łatwością*.



Rys. 35.

Przypatrzmy się postaci wody w jakimkolwiek naczyniu. Wszędzie, gdzie styka się ze ścianą naczynia, woda przylega do ściany i przyjmuje jej postać; lecz od góry, na powierzchni swobodnej, gdzie styka się z powietrzem, woda układa się *płasko*

// 45

// 34

// 46



i *poziomo*, co można sprawdzić zapomocą pionu (§ 15.). Jeśli przechyliły naczynie, woda zmieni postać, ale w taki sposób (rys. 36.), że powierzchnia jej pozostanie płaska i pozioma. Woda jest przykładem *ciała ciekłego* czyli *cieczy*.



Rys. 36.

Prócz wody jest jeszcze wiele innych cieczy. Np. cieczą jest miód; i miód także wypełnia całkowicie dolną część szklanki a na powierzchni układa się płasko i poziomo. Zatem, dopóki jest w spoczynku, miód zachowuje się podobnie jak woda; gdy jest w ruchu, zachowuje się pod pewnym względem inaczej. Przechylając szklankę z miodem, widzimy, że zmienia on postać *powolniej* niż woda, bardziej opieszale, jak gdyby przeciążał jaką przeszkodę. Można dojrzeć przytem, przez bardzo krótką chwilę, powierzchnię cieczy w położeniu pochylem, czego w wodzie dostrzedz niepodobna. Taksamo jak miód zachowuje się olej, syrop, gliceryna. Przybierają one *ostatecznie* kształt naczyń i rozlewają się poziomo i płasko; dlatego nazywamy je *cieczami*. Ale czynią to opieszale, zużywają na to stosunkowo wiele czasu; dlatego nazywamy je cieczami *lepkimi*. Inaczej mówimy, że są to ciecze mało *ruchliwe*, gdy przeciwnie woda, alkohol, eter — są to ciecze bardzo ruchliwe.

§ 36. Ścisłość cieczy.

Woda zmienia postać z wszelką łatwością (§ 34.); ale co innego postać, a co innego objętość (§ 35.). Woda zmienia postać z łatwością, lecz objętość zmienia przeciwnie z największą trudnością. Gdy wkładamy palec do wody, ustępuje ona łatwo,



Rys. 37.

lecz podnosi się zaraż dokoła, tak iż zachowuje dawną objętość. Spróbujmy przeszkodzić wodzie w jej dążności do zachowywania objętości bez zmiany. Weźmy (rys. 37.) walec z tłokiem szczelnie przystającym i próbujmy tłok wcisnąć do wody. Nie zdołamy popchnąć tłoka ani o milimetr ku dołowi, jeśli woda nie przeciśnie się pomiędzy tłokiem a ścianą naczyń. Tu bowiem usiłujemy zmienić już nie postać, lecz objętość wody, mianowicie usiłujemy objętość tę zmniejszyć czyli wodę *ścisnąć*; to zaś wymagałoby siły, której człowiek wyrzucić nie może. Woda jest więc

47
55

// 47

// 46

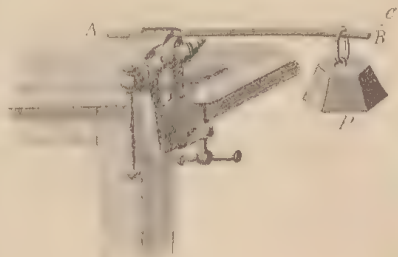
// 45



bardzo trudno ściśliwa czyli bardzo mało ściśliwa. Uczeń przekonał się dokładnie, o ile woda jest ściśliwa. Przypuśćmy, że walec (rys. 37.) ma 10 cm^2 w przekroju i zawiera wody 10 cm wysoko; należałoby wówczas położyć na tłok 2000 kg, ażeby posunąć go o 1 mm ku dołowi. Oczywiście, że (z powodu tarcia pomiędzy tłokiem a ściankami walca ~~z~~ i z innych powodów) doświadczenie to w ten prosty sposób nie może być wykonane; pomyśleliśmy je tylko dla umiarkowania naszej ścisłości wody.

§ 38. Sprężystość ciał stałych.

Pręcik drewniany posiada własną postać, ~~ale~~ ale pod działaniem siły (§ 2.) może ją zmienić. Jednym końcem np. umocowany w śrubstaku czyli imadle (rys. 38.) a obciążony na drugim, pręcik wygina się pod działaniem siły ciężkości. Ponieważ jednak w pewnym położeniu AB pręcik jest w równowadze t. j. nie wygina się dalej, musiała więc zjawić się w nim siła, która równoważy ciężkość ciała P, siła sprężystości pręta, znana nam z §§ 1, 20. W pręcie niewygiętym AC nie było tej siły, w pręcie zginanym pojawia się ona i staje się coraz większa, im bardziej go zginamy. Jeśli uwolnimy pręt od działania siły obcej, siła sprężystości przywraca go do zwykłej postaci (jeśli wygięcie nie było zbyt znaczne), ale też w miarę powracania do tej postaci sama coraz bardziej słabnie i niknie.



Rys. 38.

Doświadczamy podobnie sprężystości pręta stalowego albo pałeczki szklanej; wyginane na końcu albo zginane w pośrodku, okazują one także sprężystość. Taśma kauczukowa wyciągana, piłka, ściśkana w dłoni, sprężyna skręcana również okazują sprężystość. Cóż w ogóle czynimy, gdy ciała wyginamy, zginamy, wyciągamy, ściśkamy, skręcamy? Zmieniamy w ogóle postać tych ciał. Zatem powiadamy: sprężystość ciał stałych występuje na jaw gdy zmieniamy postać tych ciał. Ciała stałe mają sprężystość postaci.

Pręcik

Ścisłość walca ~~z~~ i z innych powodów) doświadczenie to w ten prosty sposób nie może być wykonane; pomyśleliśmy je tylko dla umiarkowania naszej ścisłości wody.

48

13

13, 25

dopiero w pręcie zginanym

zginanie

już walec, / obciążony w środku / przegięty w środku

§ 43

(próba) Wtedy cetero pręciki, kładąc dokładnie jednakowego; wtedy pierwszy będzie np. stalowy, drugi - miedziany, trzeci - szklany, czwarty - drewniany. W porządku każdego pręcika przytwierdzamy wskazówkę (rys. 39.) do której zbieramy skalę SS, kładziemy pręciki końcami na podłożach i obciążamy w porządku ciężarami P. Zobaczymy, że pręciki wyginają się w różnym stopniu. Przypuśćmy, że pręcik drewniany wygiął się np. o 10 podziałek na skali, ażeby wygiąć pod działaniem ciężaru 1 kg; ~~musimy~~ musimy pręciki inne obciążyć, musimy zawiesić przeto 5 kg pod szklanym, przeto 8 kg pod miedzianym i przeto 18 kg pod stalowym. A zatem ~~pręciki~~ siła sprężystości, jaka występuje przy jednakowym wygięciu.

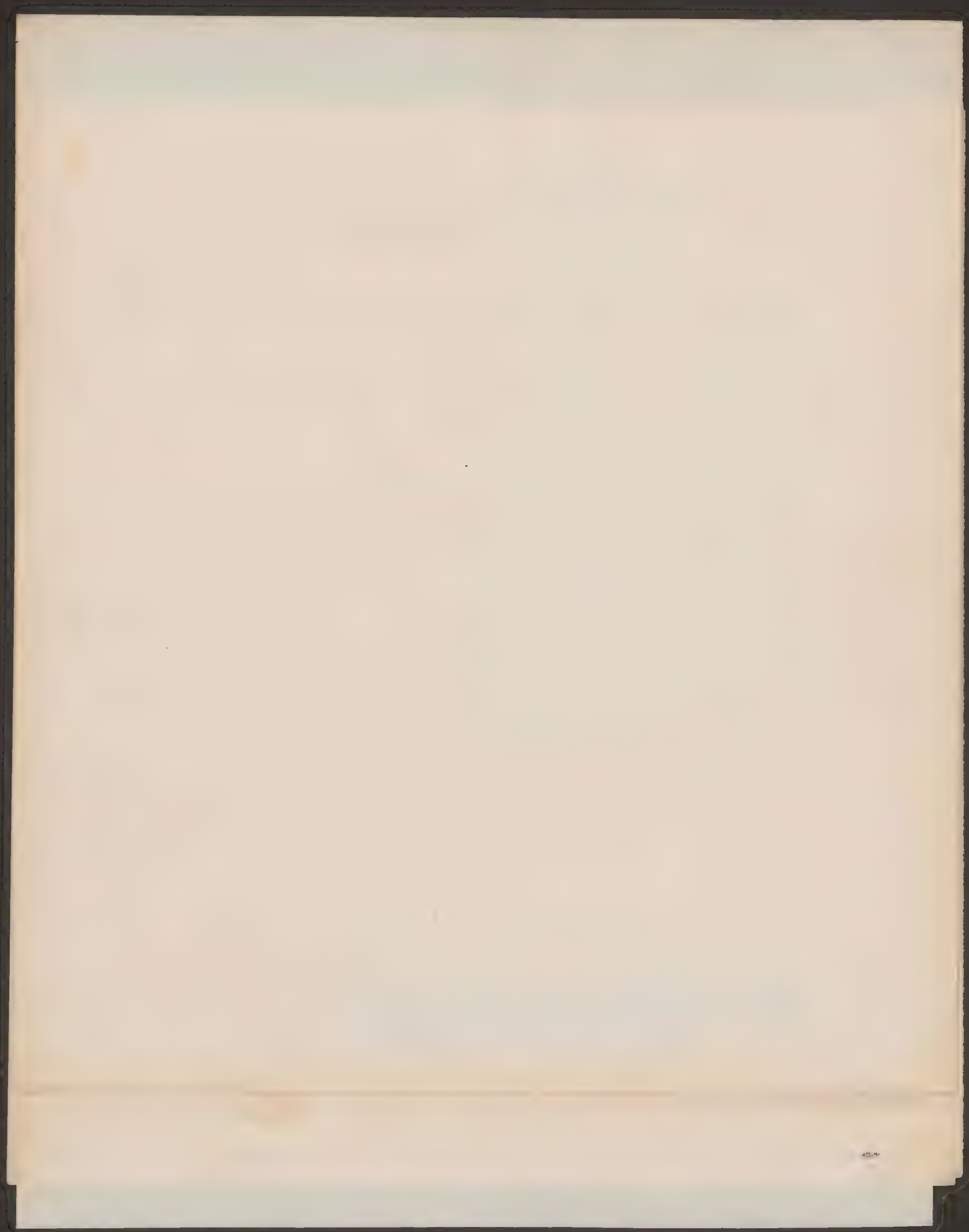


1. Słowo to ma być słowem: ~~nie~~ stał się ~~nie~~ ^{ta} słowem przysłów, a znów
2. ~~Słowo~~ znaczenie mniej przysłów^{te}.

[illegible][illegible]

Wielki... ~~... jak...~~ ... wzniesień, wzniesień





Przyjmijmy teraz, że podłożyliśmy 2000 kg na tłok przynależny z rys. 38.

woda ścisnęła się więc o jedną setną część swej pierwotnej objętości. Dalej tłok nie poruszy się ani o najmniejszą część milimetra; woda stawia teraz opór, który równoważy ciężar 2000 kg. Powiadamy zatem, że w wodzie ściskanej pojawia się siła, która sprzeciwia się dalszemu ściskaniu; pod działaniem tej siły z jednej strony, a ciężaru z drugiej, tłok znajduje się w równowadze. Gdybyśmy nagle zdjęli ciężar, tłok poszedłby do góry, odepchnięty przez wodę, która wróciłaby do dawnej objętości. A zatem mieliśmy tutaj w wodzie siłę, zupełnie podobną do sprężystości w drzewie, w szkłe, kauczuku lub stali. Lecz gdy w wodzie objawia się ona przy zmianie objętości, w ciałach stałych objawia się przy zmianach postaci. Możemy więc powiedzieć: *woda ma sprężystość objętości*. Podobnie jak woda, zachowują się i inne ciecze. Sprężystość objętości jest ogólną cechą ciał ciekłych. Jak już wiemy, ciała ciekłe nie stawiają oporu zmianie postaci; prędzej czy później każda ciecz (§ 34.) poddaje się działaniu siły, dążącej do zmiany jej postaci. A zatem ciecze mają sprężystość objętości, lecz nie mają sprężystości postaci.

§ 38. Ciśnienie.

Deseczka, leżąca na stole i dźwigająca ciężar na sobie (np. kamień, jak na rys. 39.) jest *przyciśnięta* do stołu, wywiera ci-



Rys. 39.

śnienie na *stół*. Ciśnieniem nazywamy więc siłę, działającą na powierzchnię ciała. W przykładzie powyższym ciśnienie sprawia siłą ciężkości; takie ciśnienie działa z góry na dół pionowo, ponieważ siła ciężkości działa w tym kierunku. Lecz i inne siły mogą sprawiać ciśnienie, np. siła naszych mięśni, siła sprężystości; a te siły mogą sprawiać ciśnienie i w innych kierunkach. Przyciskając np. deseczkę do ściany ręką, czy bezpośrednio, czy za pośrednictwem np. pręta (rys. 40, str. 35.), wywieramy na ścianę ciśnienie w kierunku poziomym.

51.

59

// 76

// 52

[powierzchnię



Położmy tensam kamień (rys. 39.) raz na deseczkę, mającą 100 cm^2 pola, drugi raz na deseczkę, mającą 200 cm^2 . Tasama siła rozpościera się w pierwszym razie na 100, w drugim razie na 200 cm^2 . Zatem na 1 cm^2 wypadnie w pierwszym razie dwa razy więcej siły, niż w drugim. Widzimy zatem, że trzeba odróżniać siłę całkowitą, czyli

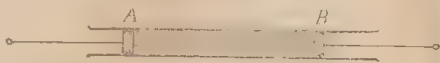


Rys. 40.

ciśnienie całkowite na pewną powierzchnię, od *ciśnienia na jednostkę pola*, czyli od ciśnienia *jednostkowego*. Ciśnienie całkowite jest dla obu deseczek jednakowe, mianowicie równe ciężarowi kamienia. Ciśnienie jednostkowe jest dwa razy większe na mniejszej deseczce niż na większej. Tensam ciężar na deseczkach, mających 50 cm^2 / 25 cm^2 pola, dałby ciśnienie jednostkowe cztery / ośm razy większe. Stąd łatwo zrozumieć, dlaczego nóż kraje: ostrze noża jest to powierzchnia o bardzo małym polu, więc siła naszych mięśni wytwarza na niem bardzo znaczne ciśnienie. Tosamo tłómaczy działanie nożyc, dłuta, piły a także stosunkową łatwość, z jaką gwóźdź lub igła wchodzą w ciała zbite.

§ 19. Ciśnienie cieczy.

Jak za pośrednictwem pręta można wywrzeć ciśnienie (§ 28.), podobnież można je wywrzeć za pośrednictwem wody. Weźmy rurkę (rys. 41.) AB , pełną wody i zamkniętą tłokami, które przystają szczelnie do rurki, lecz łatwo ~~nie~~ mogą się poruszać.



Rys. 41.

Opieramy tłok A o deseczkę z rys. 40. i wywieramy siłę na drugi tłok B ; wówczas za pośrednictwem wody przyciśniemy deseczkę do ściany. Zatem woda może przenosić ciśnienie. Ciśnienie to nie ma tu nic wspólnego z ciężarem wody; ciśnienie działa poziomo, jeśli rurka leży poziomo, gdy tymczasem siła ciężkości działa na dół pionowo. Jakimże sposobem woda przenosi ciśnienie? Zważmy, iż unieruchomiliśmy tłok A , oparłszy go przez deseczkę o ścianę; zatem, usiłując wepchnąć tłok B , usiłujemy temsamem ścisnąć wodę, zmniejszyć jej objętość, jak w § 18. Nic dziwnego, że woda opiera się temu; woda ma sprężystość objętości (§ 17.). Sprężystość wody

L' au
L' au b

// 53

// 52

// 8 / w niej

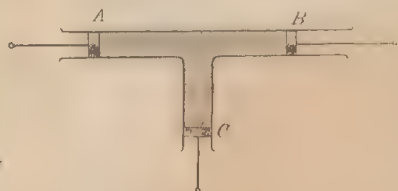
// 47.

// 51



opiera się naszemu działaniu na B a zarazem za pośrednictwem A sprawia ciśnienie na deseczkę i ścianę.

Weźmy teraz drugą rurkę, jaką rys. 42. przedstawia w położeniu *poziomem*, tak właśnie, jak gdyby rurka leżała na papierze.

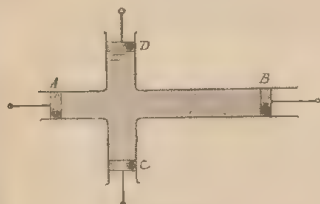


Rys. 42.

Opatrzona jest ona w boczne kolanko a w niem w tłok trzeci C , rozległością równy dwóm pierwszym. Umocujmy tłok A , tłokowi C pozwólmy poruszać się swobodnie i wciskajmy B ; co się stanie? Woda będzie ustępowała przed B i będzie pchała przed sobą tłok C ; albowiem w ten sposób będzie ona zmieniała *postać* tylko a nie *objętość* a temu woda nie sprzeciwia się (§ 41.). Przeciwnie, gdybyśmy umocowali i C , woda cisnęłaby nań taksamo, jak ciśnie na A . Zatem *i w bok woda przenosi ciśnienie*. Oczywiście; że i na ściany rurki woda ciśnie taksamo jak na tłoki, mianowicie, że rozpycha rurkę o tyle, o ile na to pozwala sprężystość szkła czy innego materiału, z którego rurka jest zrobiona. Powiadamy więc, że woda nie tylko *przenosi* ale i *roznosi ciśnienie* na wszystkie strony. Tożsamo czynią wszystkie ciecze.

§ 44. Ciecz może wykonywać pracę.

Weźmy jeszcze jedną rurkę, opatrzoną w dwa poziome kolana i w cztery tłoki A , B , C , D jednakowo rozległe; rys. 43.



Rys. 43.

przedstawia ją widzianą z góry. Co powiedzieliśmy o tłoku C , stosuje się także do czwartego tłoka D . A zatem, gdy wywieramy ciśnienie na B (rys. 43.), także ciśnienie wywierane jest na A , na C i na D . Z jednego ciśnienia ~~powstają~~ **powstają** trzy ciśnienia. Tego możemy dokonać zapomocą wody i tłoków, podobnie jak zapomocą dźwigni możemy podnosić do góry trzy kilogramy siłą ciężaru jednego kilograma (§ 41.). Ale czego *nie możemy* dokonać zapomocą dźwigni, to *stworzyć* choćby najmniejszą ilość pracy (§ 42.); i tego zapomocą wody i tłoków także dokonać *nie możemy*. Istotnie: wiemy, od czego zależy praca, jaką wykonywamy, pchając tłok, lub jaką tłok wyko-

// 46

// 54

H powstają więc tutaj

W 8,

II 19

J z niczego

II 27

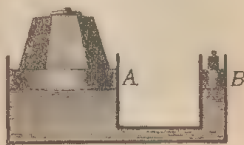


nywa, pchając coś przed sobą. Zależy ona zarazem od siły, która pcha (t. j. od całkowitego ciśnienia na tłok) i od długości drogi, którą tłok przebywa. Weźmy teraz trzy rurki: rurkę z dwoma tłokami AB (rys. 41.), z trzema ABC (rys. 42.) oraz z czterema $ABCD$ (rys. 43.); przypuśćmy, że w każdej wepchnęliśmy tłok B o 1 cm, dawszy swobodę ruchu wszystkim pozostałym. W rurce AB (rys. 41.) tłok A wysunie się nazewnątrz o centymetr; w rurce ABC (rys. 42.) każdy z dwóch tłoków A , C wysunie się o pół centymetra, w rurce zaś $ABCD$ (rys. 43.) każdy z trzech tłoków A , C , D wysunie się tylko o trzecią część centymetra. Zatem, im więcej tłoków, tem więcej ciśnień, ale tem krótsze drogi, które tłoki przebywają; pomnażając liczbę tłoków, nie zyskujemy więc bynajmniej na pracy, rozdrabniamy ją tylko.

§ 41. Prasa hydrauliczna.

W rurce ABC (rys. 42.) tłoki A i C doznają każdy takiego ciśnienia, jakie wywieramy na B . Tak jest bez względu na to, czy A i C znajdują się daleko od siebie czy też blisko siebie. Zatem tak będzie i wtedy, kiedy je połączymy ze sobą i utworzymy z nich jeden tłok, dwa razy większy. Powiadamy więc: na tłok, dwa razy większy niż B , działa ciśnienie całkowite, dwa razy większe niż na B . Podobnie na tłok o polu trzy razy większem działa ciśnienie całkowite, trzy razy większe. Innemi słowy: ciśnienie na jednostkę pola jest wszędzie w cieczy jednakowe.

Na tej zasadzie budowane bywają prasy hydrauliczne, których zadaniem jest zamiana niezbyt znacznych całkowitych ciśnień, jakie człowiek może wywrzeć, na ciśnienia całkowite bardzo znaczne. Wystawmy sobie dwa walce, połączone ze sobą i w nich dwa tłoki, jak na rys. 44. Przypuśćmy, że tłok A ma pole 25 razy większe niż tłok B ; w takim razie, położywszy na tłoku A 25 kg, dość będzie położyć na B 1 kg, ażeby osiągnąć równowagę. Tu zatem ciężarem, małego większym nad 1 kg, możemy podnieść do góry 25 kg, podobnie jak na dźwigni (§ 41.); ale i tu nie zyskamy na pracy, gdyż trzeba będzie wcisnąć tłok B na dół o 25 cm, ażeby podnieść A do góry o 1 cm.



Rys. 44.

Widzimy zatem, że prasa hydrauliczna ma tę samą cel jak inne maszyny, opisane poprzednio w rozdziale pierwszym, mianowicie zamianę pewnych danych postaci pracy na inne, dogodniejsze postaci; * że jednak nie ma na celu zaoszczędzenia pracy i tego na celu nie może, albowiem to jest względnie niemożliwe (zob. §§ 27 i 35.)

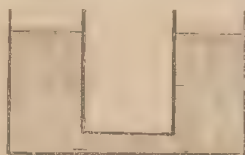
§ 42. Naczynia połączone.

Do naczynia z wodą wprowadźmy ściankę, nie dotykając nią dna (rys. 45.); powierzchnia wody nie zmienia się przez to. Lecz



Rys. 45.

przez wprowadzenie ścianki rozdzieliliśmy poprzednie naczynie na dwa mniejsze naczynia, połączone ze sobą od spodu; istotnie: naczynie z rys. 45. nie różni się tu właściwie od naczyń, połączonych zapomocą rurki, jakie



Rys. 46.

widzimy na rys. 46. Powiadamy zatem: w naczyniach połączonych

F jak wielka będzie praca,

T sam tylko L będzie ciśnień, h h

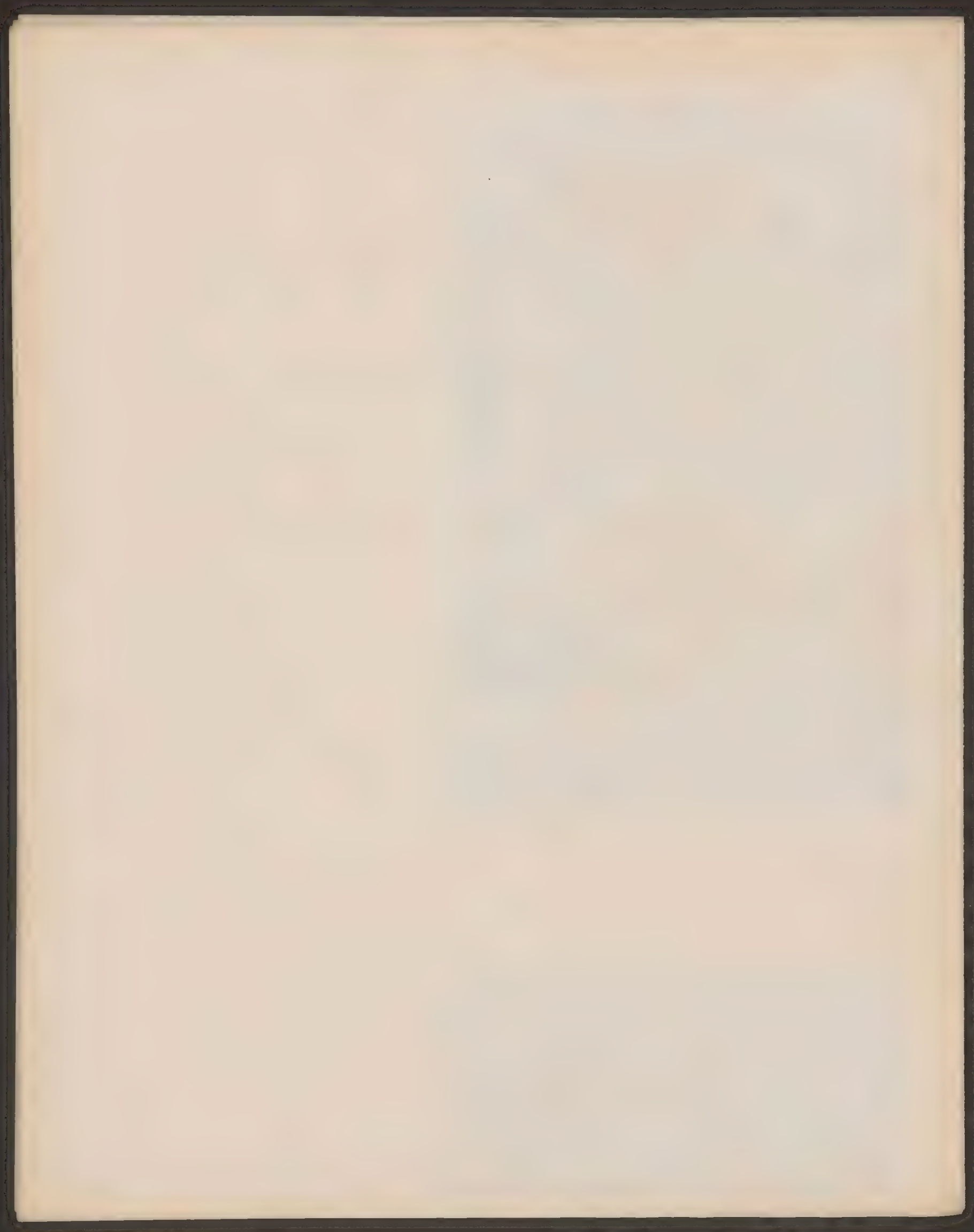
V będzie ciśnień i każdy

L będzie wyznacza ciśnienie, h h

// 55

// 27

// 56

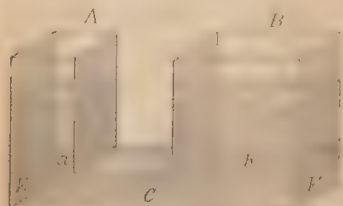


poziomy cieczy stoją jednakowo wysoko. Tak będzie oczywiście, czy naczynia są jednakowego czy różnego przecięcia; ~~zawsze w nich~~ ciecz stoi na jednakowym poziomie, jak też stać będzie w naczyniu, rys. 45., choćbyśmy posunęli ściankę ku brzegowi. Tak np. w dwóch rurkach szklanych (rys. 47.), z których jedna jest szersza od drugiej (łączymy je zapomocą korka i rurki kauczukowej, jak pokazuje rysunek), woda stoi jednakowo wysoko. Zniżając węższą rurkę, zobaczymy, że woda tryska z niej do góry; na tej zasadzie działają wodotryski, a także urządzenia wodociągowe.



Rys. 47.

Zastanówmy się teraz, dlaczego w naczyniach połączonych ciecz musi stać jednakowo wysoko. Wystawmy sobie dwa naczynia, połączone kanałem poziomym, jak na rys. 48; przypuśćmy, że pierwsze A ma 10, a drugie B ma 20 cm^2 w przecięciu; więc np. płaszczyzna a ma 10, płaszczyzna b ma 20 cm^2 pola. Jakie ciśnienia wywiera woda na te płaszczyzny? Płaszczyznę a uciska ciężar wody, stojącej nad nią w naczyniu A , podobnie płaszczyznę b uciska ciężar wody, stojącej nad nią w naczyniu B . Widzimy, że wody w naczyniu B jest dwa razy tyle, ile w A , a zatem na płaszczyznę b działa całkowite ciśnienie dwa razy większe, niż na płaszczyznę a . I tak właśnie być powinno według § 44.; powiedzieliśmy tam: na tłok



Rys. 48.

(lub na płaszczyznę, na której stoi) dwa razy większe, niż na płaszczyznę a . I tak właśnie być powinno według § 44.; powiedzieliśmy tam: na tłok

11 55

dwa razy większy (lub na płaszczyznę, na której stoi) dwa razy większe, niż na płaszczyznę a . I tak właśnie być powinno według § 44.; powiedzieliśmy tam: na tłok

dwa razy większe, jeśli wszystko, ciecz i tłoki, ma być w równowadze. Dlaczego zaś wody w naczyniu B (nad płaszczyzną b) jest dwa razy tyle, ile w naczyniu A (nad a)? Dlatego, że w B i w A woda stoi jednakowo wysoko; ponieważ b ma pole dwa razy większe niż a , więc w razie nierówności poziomów stosunek ilości wody i stosunek ciężarów byłby inny. Np. gdyby w a woda stała wyżej, całkowite ciśnienie na a byłoby więcej niż połową całkowitego ciśnienia na b , zatem w kanale ECF ciśnienie na jednostkę pola nie byłoby wszędzie jednakowe, lecz większe w lewym końcu. Wówczas woda nie mogłaby być w równowadze, lecz musiałaby popłynąć na prawo, aż wysokości poziomów w naczyniach wyrównałyby się. Zupełnie to samo

rozumowanie możemy zastosować oczywiście do przyrządów poprzednich, używając na rysunkach 45, 46, 47. Wodujemy więc, że w naczyniach połączonych, poziom cieczy ustala się na jednakowym wysokości, a że na jednostkę pola się wzajemnie równoważą, więc ciśnienie na jednostkę pola się wzajemnie równoważy.

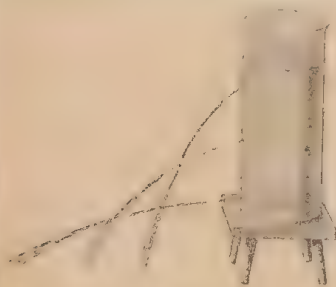
Do rurek połączonych (rys. 47.) nalejmy rtęci: stanie w nich jednakowo wysoko. Nalejmy 10 gr wody nad rtęć w rurce węższej; jeśli rurka szersza ma np. 5 razy większą średnicę, więc 25 razy większe przecięcie, będziemy musieli nalać do niej, nad rtęć, 250 gr wody, ażeby przywrócić równość rtęciowych poziomów. W ten sposób zbudowaliśmy przyrząd podobny, jak na rys. 44.: rtęć gra tu rolę cieczy a woda nad rtęcią działa tutaj tak, jak tam ciężary, położone na tłokach.

1 / poprzeczne





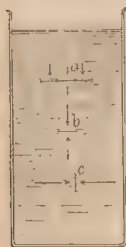
aby stała rurka kamuszkowej wystawała ponad powierzchnię wody. Zauważmy, że jeśli rurka się na powierzchni będzie, im głębiej zanurzymy ją, tem bardziej ~~on~~ wyjdzie się; ~~nie stanowi to~~ ^{przyczyn} ~~żadnej różnicy~~, czy trzymamy ją pionowo na doł, czy w bok, czy do góry, byle tylko na ~~jednym~~ ^{tymsamym} poziomie pod powierzchnią. ~~inne~~ Inne doświadczenie, o podobnym celu, opobrze rys.



Rys. 50.

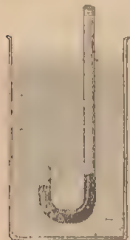
Użyjmy ono, że pierwsze, że woda ciśnie nie tylko na dół, ale i w bok; powtóre, że ciśnie tem znacniej, im dalej od powierzchni. Istotnie, strumień z dołu o silniejszej sile, niż strumień z góry; stąd wiadomo, według § 41, że wypchnięta siła jest znacząca.

Wystawmy sobie naczynie z wodą, widziane z boku; rys. 51. przedstawia je jakby przeciętą płaszczyzną pionową. Pomyślny



Rys. 51.

W nim centymetr kwadratowy a , leżący poziomo, np. o 3 cm pod powierzchnią. Aż do tej powierzchni stanęłyby więc na nim trzy sześciiany, z których każdy miałby objętość 1 cm³, ważyłby przeto 1 gram. A zatem na kwadracik a działa od góry ciśnienie ciężaru 3 gramów. Ale także ciśnienie działa na sąsiednie kwadraciki, leżące obok a na tym samym poziomie, bo i one także znajdują się o 3 cm od powierzchni; to ciśnienie przenosi się pod a , działa na a pionowo do góry (§ 40., § 42.) i równoważy się tam z pierwszym ciśnieniem, które działało pionowo ku dołowi. Weźmy takisam kwadracik b , równy także 1 cm², lecz głębiej np. o 6 cm od powierzchni położony. Działa nań ciśnienie 6 gramów od góry ku dołowi i równocześnie także ciśnienie od dołu ku górze. Weźmy trzeci takisam kwadracik c , stojący pionowo o 9 cm pod powierzchnią; działa nań ciśnienie 9 gramów w stronę prawą i także ciśnienie w lewą.



Rys. 52.

Weźmy rurkę szklaną, zgiętą w dwa nierówne ramiona (rys. 52.); nalejmy do niej rtęci i wprowadźmy pod wodę, nie zanurzając otworu dłuższego ramienia. Zobaczymy, że rtęć pod-

Wyobraźmy

na kwadraciki sąsiadnie
II 53 III 57

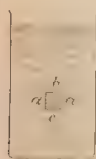






10 a
68

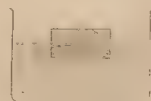
Każda ciecz usiłuje więc wyprzeć do góry wszelkie zanurzone w niej ciało. Zkąd bierze się ta siła? Możemy na to odpowiedzieć na zasadzie § 44.



Rys. 55.

Wystawmy sobie mały sześcian np. szklany, zanurzony w wodzie (rys. 55., na którym naczynie i sześcian widzimy z boku). Przypuśćmy, że sześcian ma po 1 centymetrze szerokości, długości i wysokości; że ścianka górna b leży pod powierzchnią wody o 4 cm odległości; w takim razie ścianka dolna c leży pod nią o 5 cm odległości. Zatem według § 44. ciśnienie wody na górną ściankę b równa się ciężarowi 4 gramów a ciśnienie wody na dolną ściankę c równa się ciężarowi 5 gramów. Pierwsze ciśnienie działa z góry na dół, drugie z dołu do góry. Te ciśnienia nie równoważą się, skoro drugie, działające od dołu, jest większe; na sześcian działa ostatecznie z dołu do góry siła, równa ciężarowi 1 grama. (Na ścianki boczne a, a działają równe ciśnienia, wprost przeciwne sobie, więc znoszą się one dokładnie). To zatem jest przyczyną parcia do góry, którego doznaje nasz sześcian i wskutek którego, zajmując objętość 1 cm^3 , traci pozornie 1 gram na ciężarze. Gdyby miał objętość np. 15 cm^3 , traciłby pozornie 15 gramów na ciężarze.

Wystawmy sobie (rys. 56.) kawałek drzewa, przypuśćmy o objętości 10 cm^3 . Jeśli zanurzymy go do wody, woda wypiera go do góry siłą 10 gramów. Tymczasem kawałek drzewa o objętości 10 cm^3 waży tylko 5 gramów (§ 44.); siła ciężkości ciągnie go na dół siłą 5 gramów. Zatem kawałek drzewa nie może tonąć w wodzie, ani bujać w niej swobodnie, lecz musi iść do góry. Gdy dojdzie do powierzchni, kawałek drzewa pocznie wynurzać się z wody; im bardziej się wynurzy, tem mniejszego parcia do góry będzie doznawał od cieczy. Oczywista, że przestanie wynurzać się wtedy, kiedy parcie cieczy stanie się równe jego ciężarowi. Powiadamy zatem: *ciało pływające zanurza się tak, że ciężar cieczy, której miejsce zajmuje, jest równy całemu jego ciężarowi*. Możemy to sprawdzić zapomocą przyrządu, przedstawionego na rys. 34., § 44. Napełniwszy naczynie A wodą aż do ustania wypływu, kładziemy na wodę kawałek drzewa lub korka. Ciało to wypchnie do D tyle gramów wody, ile samo waży.



Rys. 56.

Łatwo wytłumaczyć, dlaczego pod wodą poruszamy ręce i nogi tak swobodnie, jak gdyby były pozbawione ciężaru; dlaczego dźwigamy łatwo pod wodą ciężary, których nie możemy wznieść po nad wodę; dlaczego duża pusta beczka może wydobyć z dna rzeki ciężki kamień; dlaczego kawałek mosiądzu lub szkła tonie a kubek mosiężny lub butelka szklana nie tonie; dlaczego trudno jest utrzymać się na nogach w rzece w wartkim prądzie, jeśli woda sięga do szyi; dlaczego lód pływa po wodzie a żelazo po rtęci (zob. § 44.).

Na tej samej zasadzie możemy równocześnie zrozumieć i działanie przyrządu, służącego do pomiarów gęstości cieczy, który nawi nazywamy areometrem lub hydrometrem. Jest to (rys. 57.) naczyniśko szklane, ze wzniesioną stroną zanurzoną, obrotowe niczbyt znaczącą ciężar, otwarte. Przypuśćmy, że taki areometr waży np. 50 gramów. Jeśli umieścimy go w wodzie (rys. 58.), według zasady, że ciężar cieczy, której miejsce zajmuje, jest równy całemu jego ciężarowi, to zanurzy się w taki sposób, że zajmie miejsce 50 gramów wody; a więc ze swej całkowitej objętości zanurzy się tyle, ile waży (50 cm^3).



11 57

11 57

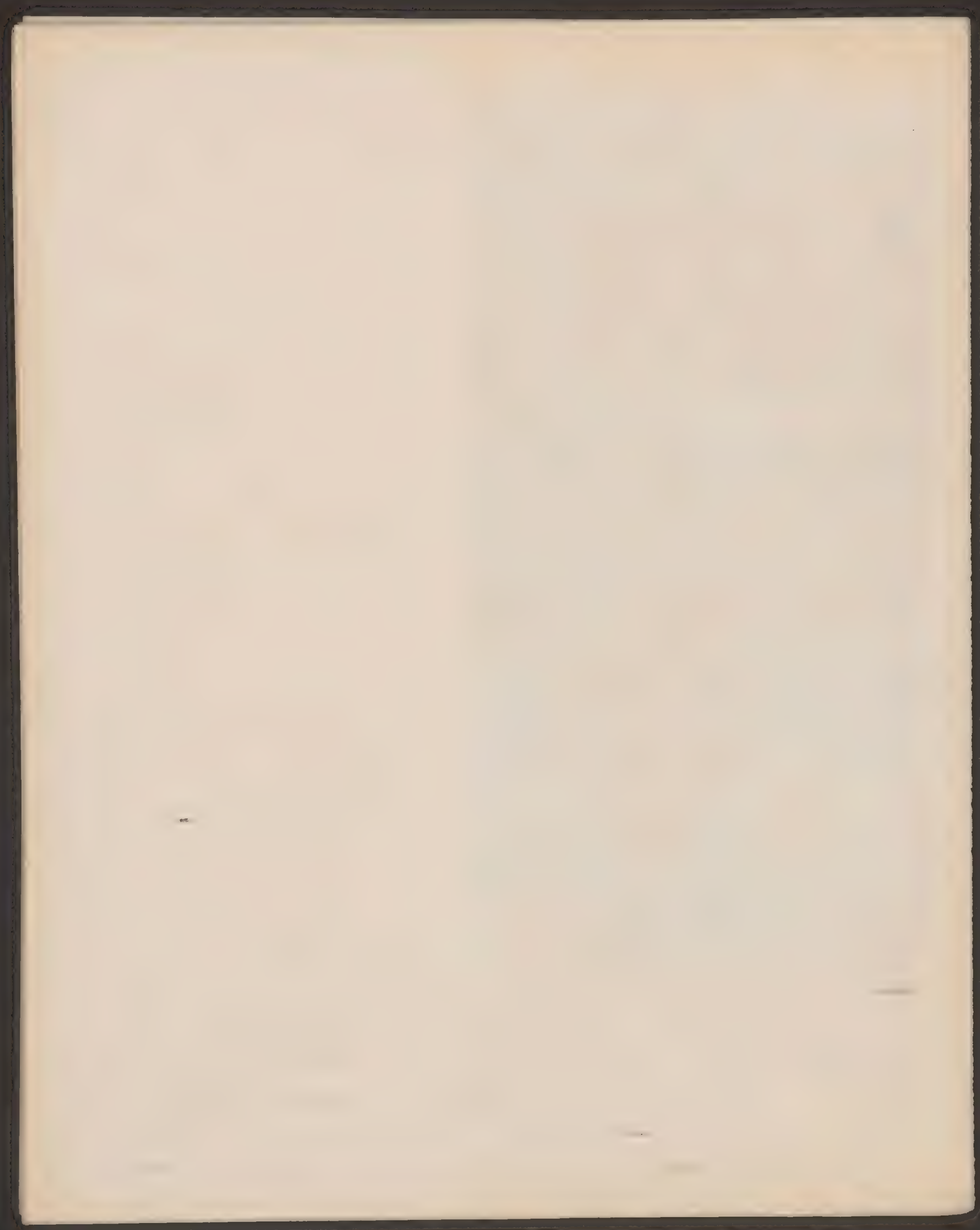
11 36

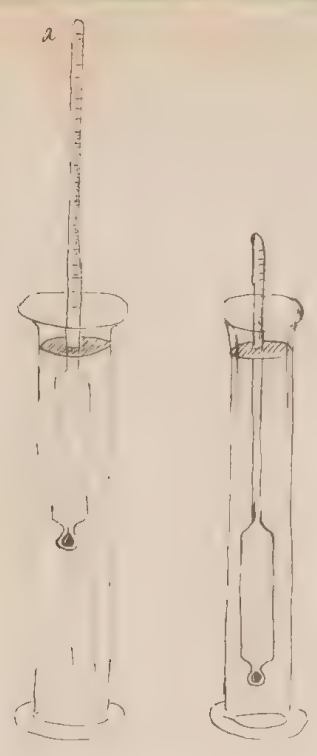
11 45

11 Na zasadzie, że ciężar cieczy, której miejsce zajmuje, jest równy całemu jego ciężarowi

11 36

V Łatwo





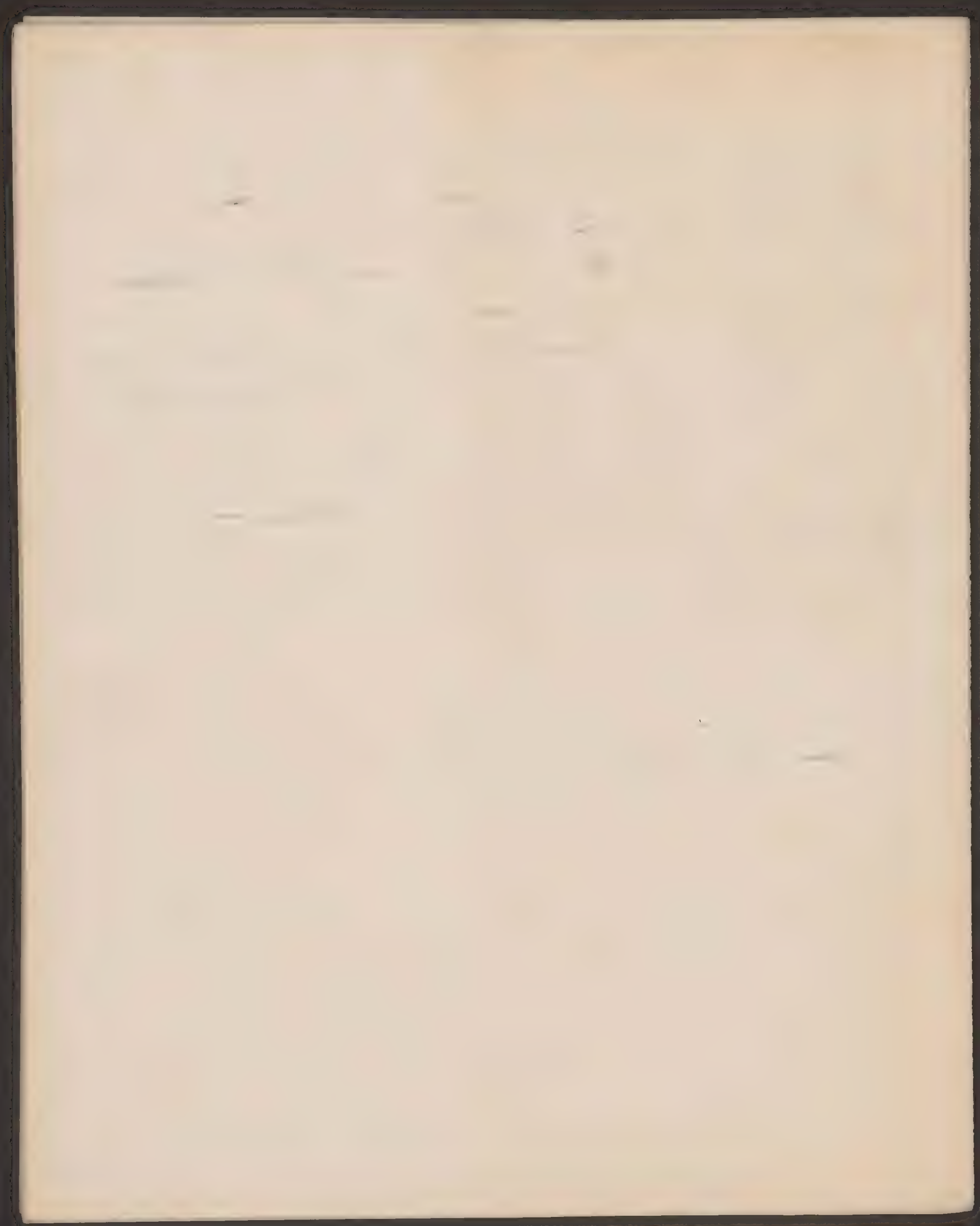
Wprowadzimy teraz ten sam areometr np. do alkoholu. Według prawa Archimidesa, areometr musi zutwo wypchnąć ⁵⁰ gramów cieczy. Ale ⁵⁰ gramów alkoholu nie zajmuje ⁵⁰ cm³; Według § 36-go, jeden cm³ alkoholu posiada masę 0.8 gm zatem 50 gm alkoholu zajmuje $\frac{50}{0.8}$ (około 62 cm³) czyli ~~około 62 cm³~~ Wiemy

że areometr ~~zanimy~~ zanurzy się głębiej w alkoholu, niż w wodzie (Rys. 6). ~~zatem~~ Gdybyśmy ^(cieczy badanej) nie znali gęstości ~~alkoholu~~, mogliśmy ją wyliczyć z zanurzenia się w nim areometru. ^(i tak też jest użytek tego przyrządu.) Załóżmy np. że areometr,

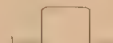
który w wodzie zanurza się do 200 cm³, zanurza się w danym ośrodku np. oliwy do 222 cm³; wnioskujemy stąd, że ośrodek oliwy jest $\frac{200}{222}$ czyli 0.9 mniej gęsty. Do mierzenia objętości, ~~zanimy~~ zanurzając się w

~~który~~ różnicę ciężyć, ~~zanimy~~ przez wartość na skali areometru; czytając wartość na skali areometru znajdujemy po prostu, wskazującą, objętość cieczy, w której areometr zanurzył się aż do danej na skali kreski.

$$\frac{500}{8} = \frac{250}{4} = 5 \cdot 62$$



Bardzo często zapominamy o powietrzu, w którym jesteśmy zanurzeni. Nie widzimy powietrza, nie posiada ono zapachu, zazwyczaj nie przeszkadza naszym ruchom; dlatego zwracamy na nie mało uwagi. Naprzykład powiadamy, że szklanka, w której nic nie dostrzegamy, jest *próżna* czyli *pusta*. Tymczasem rzeczywiście nie jest ona pusta; zawiera ona ~~ciężki~~, gdy jest ścisane, stawia opór. Zanurzając szklankę (do wody dnem do góry)



Rys. 57.

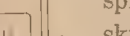


Rys. 57.

(rys. 57.), zobaczymy, że woda nie wchodzi do szklanki; poziom jej w szklance jest niższy, niż nazewnątrz szklanki. Tak ~~być nie mogło~~ według § 42., gdyby na wodę w szklance nie działało jakieś ciśnienie, nie pozwalające wyrównać się obu poziomom. Powiadamy zatem: powietrze stawia opór, gdy jest ściskane; *powietrze ma sprężystość objętości* (§ 37.). Powietrze stawia tu opór dlatego, że nie może uciec, że wdzieranie się wody do szklanki musiałoby zmniejszyć *objętość*, jaką powietrze zajmuje. Lecz *postaci* własnej powietrze nie posiada, podobnie jak nie posiada jej woda. Zmienione w swej postaci, nie okazuje ono dążności do przybrania jej napowrót, jak to czyni stal albo kauczuk. Powietrze nie ma więc



Rys. 58.



Rys. 58.

L, how close, where


1 nie

$$y = \log y',$$

↓ odrazu 1 do wody, 2 to 3 wznoszący,
↓ -ie =

§ 46. Ścisłość powietrza.

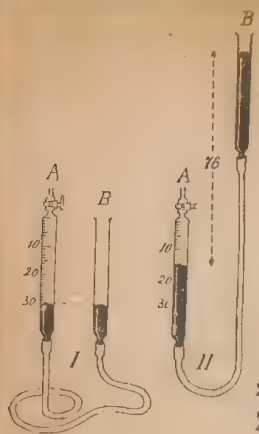
Powietrze zatem ma sprężystość objętości, jak woda; zobaczmy, jak znaczną ma sprężystość objętości. Wiemy, że woda

baczmy, jak znaczną ma sprężystość objętości. Wiemy, że woda jest bardzo mało ściśliwa (§ 47). Powróćmy do ~~tego, że przy tej samej objętości woda jest cięższa niż powietrze~~ przynajmniej rys.), który przedstawia ~~nas~~ w § 47 do uświadomienia nam ściśliwości wody. Gdyby w tym samym dokładnie przystroju zamiast wody było ~~powietrze~~ powietrze, ~~wówczas nie potrzeba~~ 2000 kg (zob. § 47), ~~lecz~~ dość byłoby położyc $\frac{1}{10}$ kg czyli 100 gramów, ażeby wciśnąć o tłok o 1 mm ku dołowi.  Widać, ~~zatem~~, że powietrze jest znacznie łatwiej ściśliwe, niż woda. Gdybyśmy położyli 2000 kg na tłok w walec, równym powietrze, ściśnięty by się ono prawie do $\frac{1}{200}$ części swojej objętości pierwotnej. tj. tłok zbliżyłby się do dna walcu ^o na wysokość $\frac{1}{2}$ mm; ale, ~~jeżeli~~ ^{po} ~~ten~~ ^{tem} ~~zwiększeniu~~ ^{zostaje przez nie} ~~ciężar~~ ^{zrównoważony} i tłok ~~nie~~ ^{nie} mógłby już przesunąć się więcej ani o najmniejszą część milimetra.

Powinno być, ~~Wzrost~~, że (dotychczasowy) nie mógł wykonać ~~dotychczas~~; niepodobna jest
ażby tło, chociaż ~~zwiększenia~~ bez tła, przystawało rozważenie;

↳ Dozwolenie tego nie można (wykonuś) oryginalnie w tak prosty sposób;
pytaczany je tylko dla unarozumienia różnicy w sentencji
pomiotła a wody. //





Rys. 59.

okoła otacza, czyli *atmosferycznego*; tę ilość powietrza będziemy ścisniali. Podnosimy rurkę *B* i widzimy: 1) że objętość powietrza w *A* - zmniejsza się; 2) że odległość pomiędzy poziomami rtęci zmniejsza się (rys. 59, położenie II). Zobaczymy jakąż odległość rtęci potrzeba, ażeby powietrze, uwięzione w przyrządzie, ścisnąć do dwóch trzecich, do połowy, do jednej trzeciej objętości pierwotnej; podnosimy rurkę *B*, dopóki rtęć w *A* nie dojdzie do żądanej kreski na podziałce. Przekonamy się, że pionowa odległość pomiędzy poziomami wyniesie 38 cm, gdy w *A* rtęć dojdzie na podziałce do „20”; że wyniesie 76 cm ~~i wynosi 152 cm~~, gdy w *A* rtęć dojdzie na podziałce do „10”; że wyurzenie naczynie 152 cm, gdy w *A* rtęć dojdzie do kreski „10”. Zobaczymy dalej (§ 5), co to ma oznaczać.

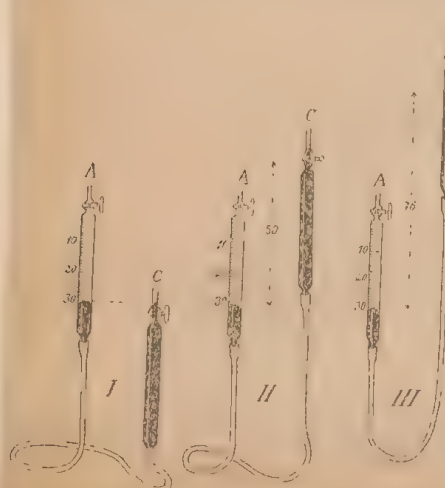
Ciepła rurki δ pomiędzy stopką a kurkiem możemy teraz wypełnić wodą, zamiast, jak przed
 tym, powietrzem; potrzebny wówczas takiż sam doświadczenia i pomiar, jak opisane przed chwilą, a
 przekonamy się, że pod działaniem ^{ciepnoty} (stopów stopionych, wynoszących 38 cm, 76 cm, a nawet 152 cm, woda
 ściska się tak uciążliwie, że niepodobna jest zauważyć ~~zauważyć~~ zmniejszenia się jej objętości.
 Tak ~~to~~ ^{we A} poziom (stopki), przy równości poziomów, stał ~~na poziomie~~ ^{obu} na poziomie 30", a wtedy nie podobna
 się, o zmianie ponad tę połączoną, ~~zauważyć~~ ^{się}, poziom w B znajduje się (o 152 cm wyżej)
~~o 152 cm wyżej. Widać zatem, że~~ Pojemność jest znacznie większą, czyli znacznie
większą niż woda.

§ 47. Ciśnienie powietrza.

Przekonaaliśmy się, że ilość powietrza, jaką zamknęliśmy w rurce *A* pomiędzy rtęcią a kurkiem, wywiera pewne ciśnienie, gdy zajmuje objętość 20 cm^3 . Powstaje pytanie, czy nie wywiera ona już

wówczas ciśnienia, gdy zajmuje pierwotną swą objętość 30 cm^3 ?

Wprawdzie widzimy wówczas oba poziomy na wysokości jednaki (rys. 59., I); ale możemy to wytłómaczyć obecnością powietrza także i w rurce B . Bo jeśli zamknięte w A powietrze ciśnie na rtęć, tedy także powietrze, znajdujące się w B , ciśnie na rtęć, mianowicie ciśnie równie silnie, skoro w A zamknęliśmy zwykłe powietrze atmosferyczne. Żeby się więc przekonać, czy powietrze w A (rys. 59.) wywiera ciśnienie,



Rys. 60.

Motivations:



należałoby doświadczenie tak urządzić, żeby nad rtęcią w *B* nie było wcale powietrza. Możemy tego dopiąć, biorąc zamiast otwartej rurki *B* rurkę *C*, zaopatrzoną w kurek (rys. 60.). Najprzód obniżamy rurkę *C* tak, że rtęć przechodzi w niej po za kurek i nieledwie przelewa się górą (rys. 60., I). W tem położeniu *zamykamy* kurek *C* i podnosimy rurkę *C* do góry. (Kurek *A* może być przytem bądź otwarty, bądź zamknięty). Podnosząc rurkę *C*, widzimy, że rtęć w niej nie opada; możemy podnieść kurek *C* o 20, o 50, nawet o 70 centymetrów powyżej rtęci w *A*, a rtęć w *C* nie opadnie (rys. 60, II). Podnieśmy jeszcze wyżej; np. tak, żeby kurek *C* był wzniesiony o metr ponad rtęć w *A*. Wówczas stanie się coś nowego. Rtęć w *C* odrywa się od kurka, opada i zatrzymuje się na wysokości 76 cm ponad poziomem w *A* (rys. 60, III). Jeśli podniesiemy rurkę *C* jeszcze wyżej, poziom rtęci nie podniesie się w niej, ani się nie zniży, lecz zostanie wzniesiony o 76 cm ponad poziom w *A*. Powiadamy, że w rurce *C*, pomiędzy rtęcią a kurkiem, mamy teraz próżnię. Istotnie, powietrze tam dostać się nie mogło ani przez kurek (jeśli jest szczelny), ani przez rtęć, ani przez szkło. Zresztą, opuszczając teraz rurkę *C* na dół, dostrzegamy, że rtęć mocno uderza o szkło, wydając odgłos dziwnie suchy; znak, że tam niema powietrza, które jakby poduszka łagodziłoby uderzenie rtęci. Czemuż w położeniu III. (rys. 60.) poziom rtęci w *C* trzyma się o 76 cm wyżej od poziomu w *A*? Co podtrzymuje słup rtęci, 76 cm wysoki? Skoro pomiędzy rtęcią a kurkiem w *C* jest próżnia, przeto tam niema żadnego ciśnienia na rtęć, więc ciśnienie powietrza w *A* jest powodem różnicy poziomów. Zwykle powietrze (jakie nas otacza) wywiera ciśnienie, które może podtrzymywać słup rtęci o wysokości 76 centymetrów. Rozumiemy teraz, dlaczego rtęć nie odrywała się od kurka *C*, dopóki był on wzniesiony nad poziom w *A* o 20, 50 lub 70 cm (rys. 60, II). Rozumiemy także dlaczego, skoro rtęć się oderwała i próżnia się utworzyła, dalsze podnoszenie rurki *C* nie miało wpływu na wzniesienie górnego poziomu nad dolnym. Bo próżnia, czy zajmuje małą objętość, czy dużą, nie wywiera żadnego ciśnienia.

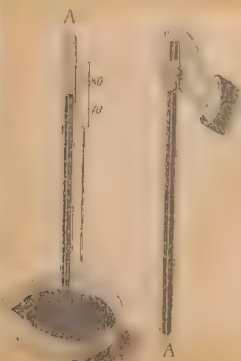
↓ rurkę *C*

Atmosferyczne.

§ 48. Barometr.

Doświadczenie poprzednie można inaczej wykonać. Rurkę *A* (rys. 61.), u jednego końca zamkniętą, u drugiego otwartą, o długości przenoszącej 76 cm, wypełniamy rtęcią. Następnie zamykamy ją palcem, przewracamy i wprowadzamy pod rtęć do płaskiego naczynia; odejmuje palec, gdy otwór rurki ~~na~~ zanurzył. Rtęć spada w rurce *A* i zatrzymuje się o 76 cm nad poziomem w płaskim naczyniu. Możemy przekonać się o tem zapomocą krótkiej podziałki *S*, do której przytwierdziliśmy prosty drut stalowy, długi na 65 cm. Obraz drutu odbija się w rtęci, łatwo więc zobaczyć, kiedy dotyka jej zwierciadła. Powiadamy, że przynajmniej jest tylko inna postać, przyrządu, podobna

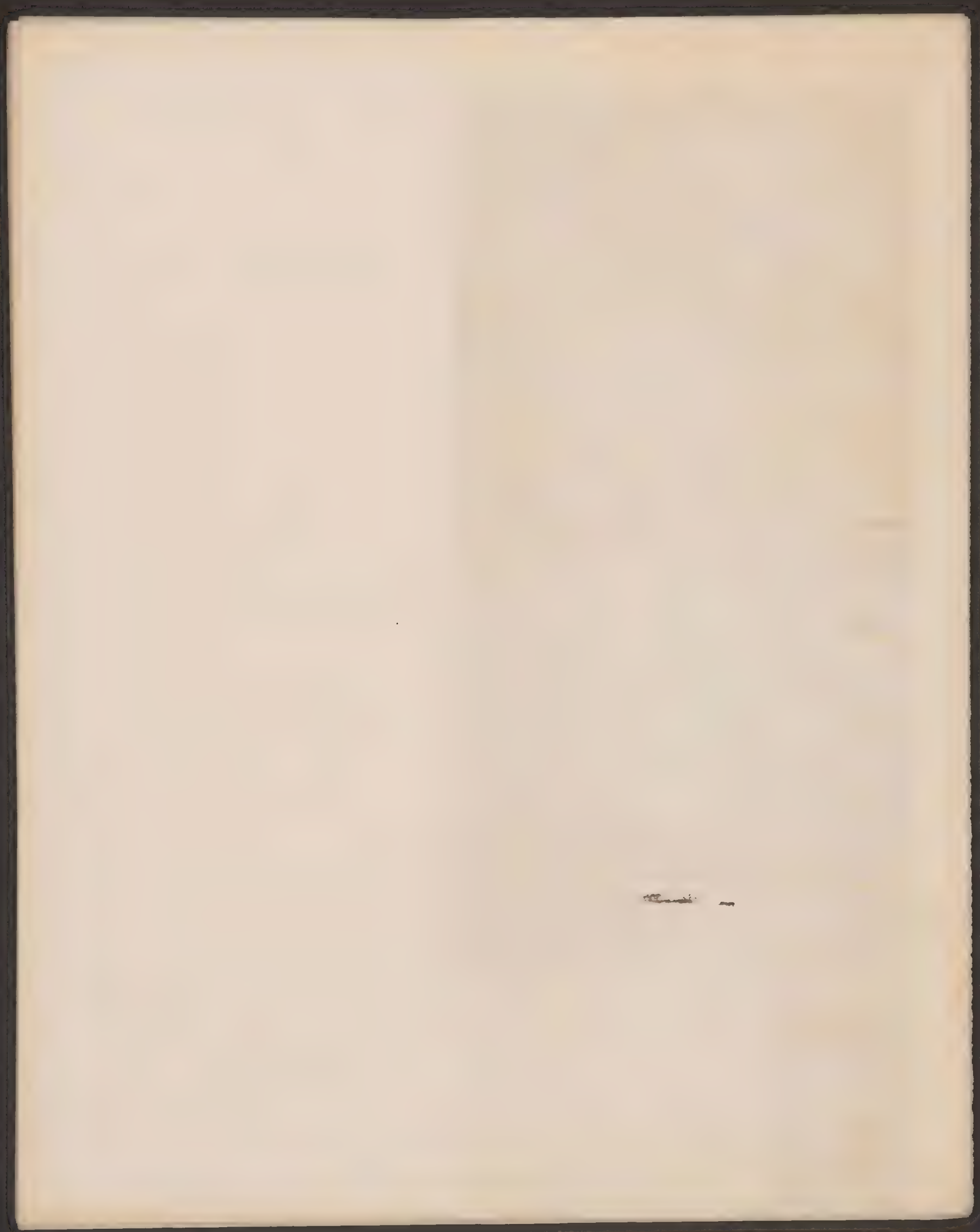
Nie jest to rurek w naczyniu.



Rys. 61.

widnego na rys. III. Podnoszenie kurek *C* na rtęć w płaskim naczyniu podtrzymuje tu słup rtęci, zatrzymaną w rurce *A*, z powodu, iż nad rtęcią w *A* jest próżnia; zupełnie podobnie ciśnienie powietrza na kurek *C* (w danym miejscu) podtrzymuje (rys. III) poziom rtęci w rurce *A* wzniesiony wyżej o 76 cm. W obu przypadkach ciśnienie atmosferyczne równowagi ciężej podciśnionego słupa rtęci.

§ 49. Wykazy w przyrządzie, uzbudowanym na rys. 61, rurki



szerszą, np. rurkę B o przecięciu dwa razy większym niż przecięcie A , czy słup podniesiony będzie miał również 76 cm ? Gdyby tak było, słup w rurce B zawierałby dwa razy tyle rtęci, ważyłby zatem dwa razy więcej niż słup w A ; mogłoby się więc wydawać, że w B słup powinien być niższy; ale tak nie jest. Ciężar słupa w B będzie dwa razy większy niż ciężar słupa w A ; ale też będzie się rozpościerał na pole dwa razy większe. Ciśnienie zatem na jednostkę pola (§ 38.) będzie jednakowe. Możemy więc powiedzieć, że miarą ciśnienia powietrza jest słup rtęci o wysokości 76 cm ; Nie potrzebujemy dodawać, jak wielkie jest przecięcie słupa. Przeciwnie, jeżeli chcemy porównać ciśnienie powietrza z ciśnieniem, sprawianem przez pewien ciężar, np. przez kilogram, na swojej podstawie, musimy określić pole tej podstawy; kilogram bowiem inaczej ciśnie na pole o 10 cm^2 niż na pole o 20 cm^2 . Przypuśćmy, że rurka A (rys. 61.) ma 1 cm^2 przecięcia; słup podniesionej w niej rtęci zawiera więc 76 cm^3 a zatem (§ 29.) waży $76 \times 13,5 = 1026$ gramów. Zatem słup rtęci w rurce A wywiera ciśnienie przeszło kilograma na każdy centymetr kwadratowy przecięcia, na którym łączy się z rtęcią szerokiego naczynia; takie jest ciśnienie powietrza.

Powietrze atmosferyczne wyniera ciśnienie przeszło kilograma na centymetr kwadratowy. Jest to potężne ciśnienie, bo centymetr kwadratowy to niewielka rozległość

Rys. 62. (rys. 62.). Np. na stół o rozległości jednego metra kwadratowego powietrze ciśnie siłą ciężaru 10260 kilogramów.

Ciśnienie powietrza nie jest zresztą dokładnie stałe, lecz ulega

wielotłamiwym, choć wogóle niebyło znacznym wahaniem; ~~W~~ zależy ono od stanu powietrza, czyli od tego, co nazywamy pogodą. Gdy np. burza nadciąga, ciśnienie powietrza najczęściej jest stosunkowo niskie. W czasie cisnienia powietrza ogólnie następuje wyseka, wiec w lecie.

W krajach europejskich ^{zmienny dzień} ~~ciśnienie~~ (w ciśnieniu powietrza są różnice). ~~W~~ niesprawdzone; natomiast w krajach ~~o~~ blizkość równika ~~burze~~ ^{najwyższe} prawidłowe: tam od 11ej zrana do 4ej po południu ciśnienie ~~si~~ zmniejsza się, od 4ej popoł. do 10ej wieczorem zwiększa się, ~~potem~~ ^{po} potem zwiększa się aż do 4ej rano mniej więcej, ^{maksimum} ~~zupełnie~~ znów zwiększa się aż do 10ej rano i t.d.

Cisnienie powietrza ^{Ten} w dwóch różnych miejscowościach ~~jest~~ w jednej i tej samej chwili) ^{przez} ~~razem~~ niejednakowe; dlatego też średnie ciśnienia (np. ~~średnie~~ średnie za cały rok) ^{jest} również różne w różnych miejscowościach. A one wprost tak mówią, że im ~~dalej~~ dalej wysokość poziomu morza, tym dawać uśrednić; poznawany także (8) przykład tej okoliczności. Średnie ciśnienie w miejscowościach, leżących ~~na~~ ^{na} poziomie morza, wynosi 76 cm. (Stwierdziwszy stąd, że ciśnień 76 cm. Słusznie słuszne, nazwała się ciśnieniem atmosferycznym normalnym (czyli zwykłym), lub krótko atmosferą).

Przyrządy, które służą do mierzenia ciśnienia powietrza, nazywają się barometrami. Najdokładniejsze ^{ci} i najpewniejsze są barometry słojowe, takimi są np. pierwszy, wykonany na 1643.

↑ poprzedni ruski
i w nowej rusce B

Горькавдіс

 $\sqrt{2a^2}$ γ_i

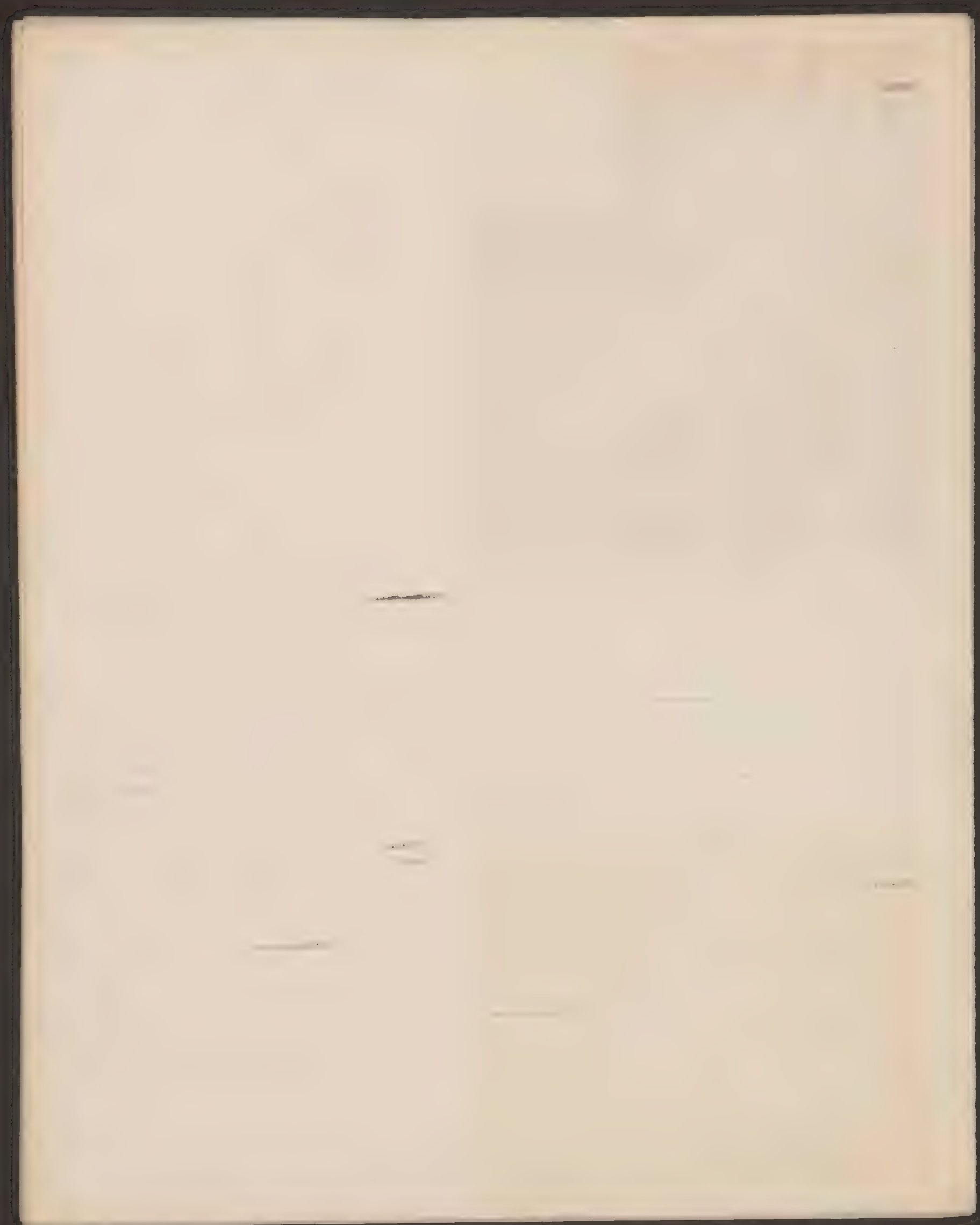
Hma bis L tegro

T. polytrichi n. sp.

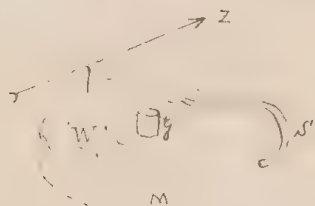
↓ w danej miejscowości

64

73



bo. oraz 61., barometry otwarte, używane były w pracowniach ~~u~~ uczonych, 62. też w życiu codziennym, różnią się od tych przyrządów tylko ~~u~~ skrajnymi wskaz.

[illegible]

nie znacznie. Przypuścimy, że, dla danego ciśnienia atmosferycznego, ^{ciężka} miedź ~~jest~~ w pewnym położeniu; ~~jest~~ i znaczy, że jest-
zysłał metalu, w tem położeniu miedzi, równowagę z danym
ciśnieniem atmosferycznym. Jeśli teraz ciśnienie to zwiększy się,
miedź się wygnie ku dołowi, a równąa tym sposobem ^{ciężka} sprężystość.

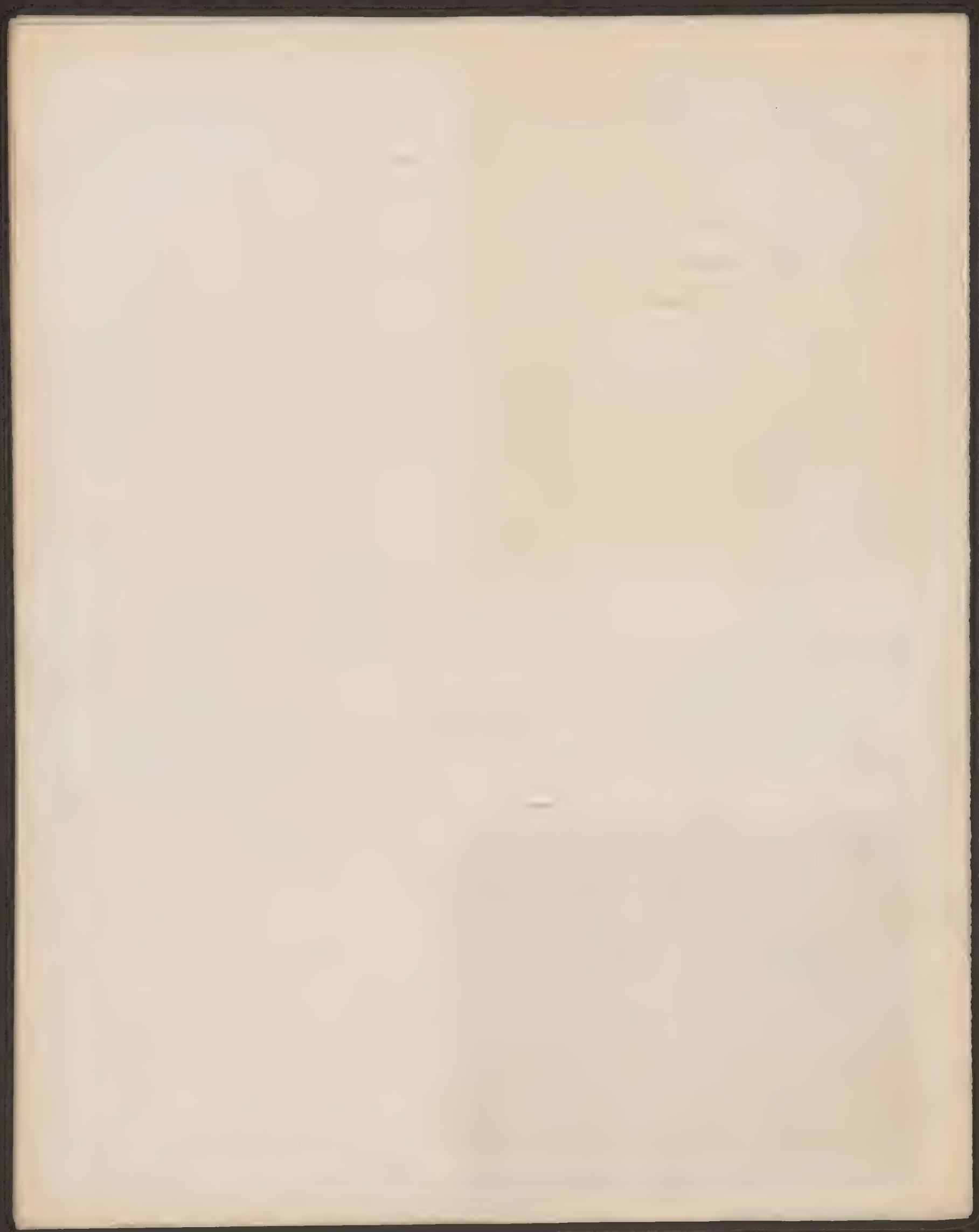
Zbiorniki nowe, wzmożone ciśnienie. Istotne ciśnienie
Zmniejszenie się ciśnienia, mierzono wzrost na przeciwie ku górze. (Przyjmuje się regulację tu)
na mem guzka ~~Głównego~~ ~~Wzrostu~~ ~~Przebiegu~~ ~~i~~ ~~przez~~ ~~to~~ ~~że~~ ~~o~~ ~~ponyżej~~ układ zais. Zmiana
(ów ręk na który lekka wskazówka z ~~tę~~ ~~z~~ obracać
pomoczą i przenosi zarzutem na osi ~~tego~~) ~~który~~ który lekka wskazówka z ~~tę~~ ~~z~~ obracać
ty może. Przygod taki trzeba "skalibrować" t.j. opatrzyć go podziałką, zbudowaną przez
porównanie z barometrem rtęziowym. Mniej dokładne od rtęziowego, ale o tym bieżącej cz. k.
dogodne, jako talas przerwine i proste w użyciu. (barometrom)

Budują też coraz więcej obecnie tzw. barografy, tj. samopiszące barometry, bądź rtęciowe, bądź metalowe, które same zapisują zmiany wskazówek. Ruch poronnu rtęci, albo sprężystego metalowego denka, przeniesiony w ruch bywa na ruch otwórka po przesuwający się powoli i zgodnie skłonie taśmicy papieru.

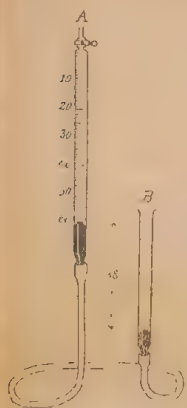
§ 49. Objętość a ciśnienie.

Wróćmy do § 46. Wiemy, że na rękę w rurce B (rys. 59.) działa ciśnienie powietrza atmosferycznego, czyli 1 atmosfera. Zatem, kiedy poziomy w A i B stoją jednakowo wysoko (rys. 59.), znaczy to, że powietrze w A wywiera ciśnienie, równe 76 cm; kiedy poziom w B stoi wyżej niż w A o pewną liczbę centymetrów, znaczy to, że powietrze w A wywiera ciśnienie tylu centymetrów, ile wynosi odległość pomiędzy poziomami, więcej 76 cm. Ażeby znaleźć ciśnienie powietrza w A , trzeba więc dodać zawsze 76 cm do odległości pomiędzy poziomami. W § 46. powiedzieliśmy, jakie muszą być odległości pomiędzy poziomami, ażeby powietrze, które zajmowało z początku 30 cm³, ścisnęło się do 20, do 15, do 10 cm³. Obliczmy teraz ciśnienia, które powietrze wywierało w tych objętościach.

Objętość powietrza w <i>A</i>	Odległość pomiędzy poziomymi <i>A</i> i <i>B</i>	Ciśnienie powietrza w <i>A</i>
30 <i>cm</i> ³	Zero	76 <i>cm</i> czyli 1 atm.
20 <i>cm</i> ³	38 <i>cm</i>	114 <i>cm</i> czyli 1.5 atm.
15 <i>cm</i> ³	76 <i>cm</i>	152 <i>cm</i> czyli 2 atm.
10 <i>cm</i> ³	152 <i>cm</i>	228 <i>cm</i> czyli 3 atm.



Widzimy, że, kiedy objętość powietrza zmniejszała się do połowy (np. z 30 na 15, z 20 na 10 cm^3), ciśnienie powiększało się w dwójnasób. Tak zachowuje się powietrze. Ile razy zmniejszymy objętość pewnej ilości powietrza, tyle razy powiększy się jego ciśnienie.



Rys. 63.

Zmniejszaliśmy objętość powietrza; czy nie możemy jej powiększać? Opuśćmy na dół rurkę B (rys. 63.), zamiast ją podnosić do góry. Zobaczymy, że poziom w rurce A będzie stał wyżej, niż w rurce B. To znaczy, że powietrze w rurce A wywiera teraz ciśnienie mniejsze, niż powietrze atmosferyczne, t. j. mniej niż jedną atmosferę. Jeżeli np. poziom A stoi o 19 cm o 38 cm wyżej niż B, to znaczy, że powietrze w A ma ciśnienie o 19 cm o 38 cm mniejsze od 1 atmosfery, a więc ciśnienie 57 cm , 38 cm . Teraz więc trzeba odjąć odległość poziom A od 76 cm , żeby znaleźć ciśnienie powietrza w rurce A. W ten sposób znajdziemy:

Objętość powietrza w A	Odległość pomiędzy poziomami A i B	Ciśnienie powietrza w A
40 cm^3	19 cm	57 $\text{cm} = 0.75 \text{ atm.}$
60 cm^3	38 cm	38 $\text{cm} = 0.50 \text{ atm.}$

Porównajmy te ciśnienia z dawniejszemi, jakie mieliśmy przy objętości 20 cm^3 oraz 30 cm^3 . Widzimy, że, kiedy objętość powietrza zwiększała się w dwójnasób (np. z 20 na 40, z 30 na 60 cm^3) ciśnienie zmniejszało się do połowy. Ile razy zwiększymy objętość pewnej ilości powietrza, tyle razy zmniejszy się jego ciśnienie. Jest to prawdło Boyle'a, jak poprzednie, które stanowiło się do

zmniejszania się objętości i zwiększania się ciśnienia. Obadwa

prawdła możemy wyrazić krótko w sposób następujący: ciśnienie pewnej ilości powietrza zmienia się w stosunku odwrotnym do jego objętości. Albo jeszcze inaczej: iloczyn liczb, wyrażających ciśnienie i objętość

pewnej ilości powietrza jest stały. Naprzeciw:

Kiedy objętość powietrza zmniejszała się w A zgodnie	wówczas ciśnienie było było równe	Iloczyn
60 cm^3	0,50 atm.	$60 \times 0,50 = 30$
40 cm^3	0,75 atm.	$40 \times 0,75 = 30$
30 cm^3	1,00 atm.	$30 \times 1,00 = 30$
20 cm^3	1,50 atm.	$20 \times 1,50 = 30$
15 cm^3	2,00 atm.	$15 \times 2,00 = 30$
10 cm^3	3,00 atm.	$10 \times 3,00 = 30$

§ 50. Pompy pneumatyczne.

Ostatnie doświadczenie [↑]naprowadza na pomysł zbudowania tak zwanej pompy pneumatycznej, która służy do pompowania powietrza z pewnego naczynia. Wystawmy sobie balon szklany A (rys. 64.),

Y zolochas

$\int = \text{tze } T a \text{ } p a$
 $\Delta \text{ cm albo}$

F cm albo

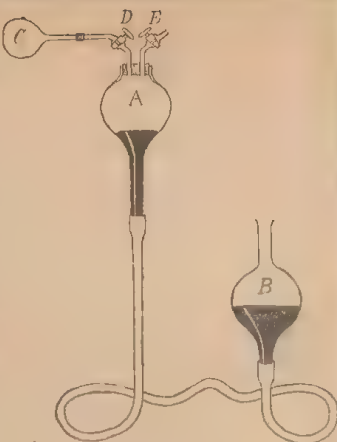
1 — ziombo

↓ losano

↑ w artykule poprzednim (Rys. 63)



do którego wchodzi dwie rurki. Jedna prowadzi do naczynia *C*, z którego chcemy wyciągnąć powietrze i ta może być zamknięta kurkiem *D*. Druga prowadzi wprost na zewnątrz i może być zamknięta kurkiem *E*. Możemy zniżać lub podnosić rtęć w balonie *A*, zniżając lub podnosząc balon *B*, który łączy się z pierwszym rurką kauczukową. Najprzód rtęć w balonie *A* podnosimy aż do ~~poziomości~~ *D* i *E*. Następnie zamykamy *E*, łączymy *D* z naczyniem *C* i opuszczamy rtęć w *A*. Rtęć, opadając, pozostawiałaby w balonie próżnię, gdyby nie powietrze w *C*, które napływa do *A*. Że jednak ta ilość powietrza, która pod ciśnieniem jednej atmosfery zajmowała objętość naczynia *C*, rozchodzi się teraz po obu naczyniach *C* i *A*, przeto już teraz mamy w *C* ciśnienie zmniejszone. Jeśli np. objętość *A* jest trzy razy większa niż objętość *C*, wtedy ciśnienie w *C* zmniejszyło się z jednej atmosfery do $\frac{1}{4}$ atmosfery (§ 49.). Teraz zamykamy *D*, podnosimy rtęć do góry w *A* i otwieramy kurek *E*. Tym sposobem wypędzamy na zewnątrz powietrze, które napłynęło było z *C* do *A*. Podniósłszy rtęć jak można najwyżej, znów zamykamy *E*, otwieramy *D* i opuszczamy rtęć, jednym słowem, powtarzamy, co czyniliśmy przed chwilą. Powietrze z *C* rozchodzi się znów po przyrządzie, ciśnienie w *C* zmniejszy się z $\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{16}$ atmosfery. Taksamo postępować będziemy dalej. Po kilku poruszeniach rtęci otrzymamy w *C* bardzo małe ciśnienie, t. j. usu-



Rys. 64.

I wytrzymałość
H kurków

namy stamtąd powietrze prawie zupełnie. (Do tych doświadczeń, jak również

do opisanych w trzech poprzednich artykułach, należy używać rtęci czystej. Rtęć

znajdująca się w handlu bywa zazwyczaj stronach czysta, trzeba ją tylko ^{prze-}filtrować a czysto wysuszyć.

~~Wskazano, że w niektórych przypadkach, w których używano rtęci, która była lekko zabarwiona, to barwa ta pochodziła z obecności pewnych substancji, które można było usunąć przez przefiltrowanie. Z tego powodu należy obchodzić się ostrożnie, zwłaszcza zaś unikać ogrzewania rtęci. (W otwartym naczyniu) należy obchodzić się ostrożnie, zwłaszcza zaś unikać ogrzewania rtęci. (W otwartym naczyniu) należy obchodzić się ostrożnie, zwłaszcza zaś unikać ogrzewania rtęci.~~

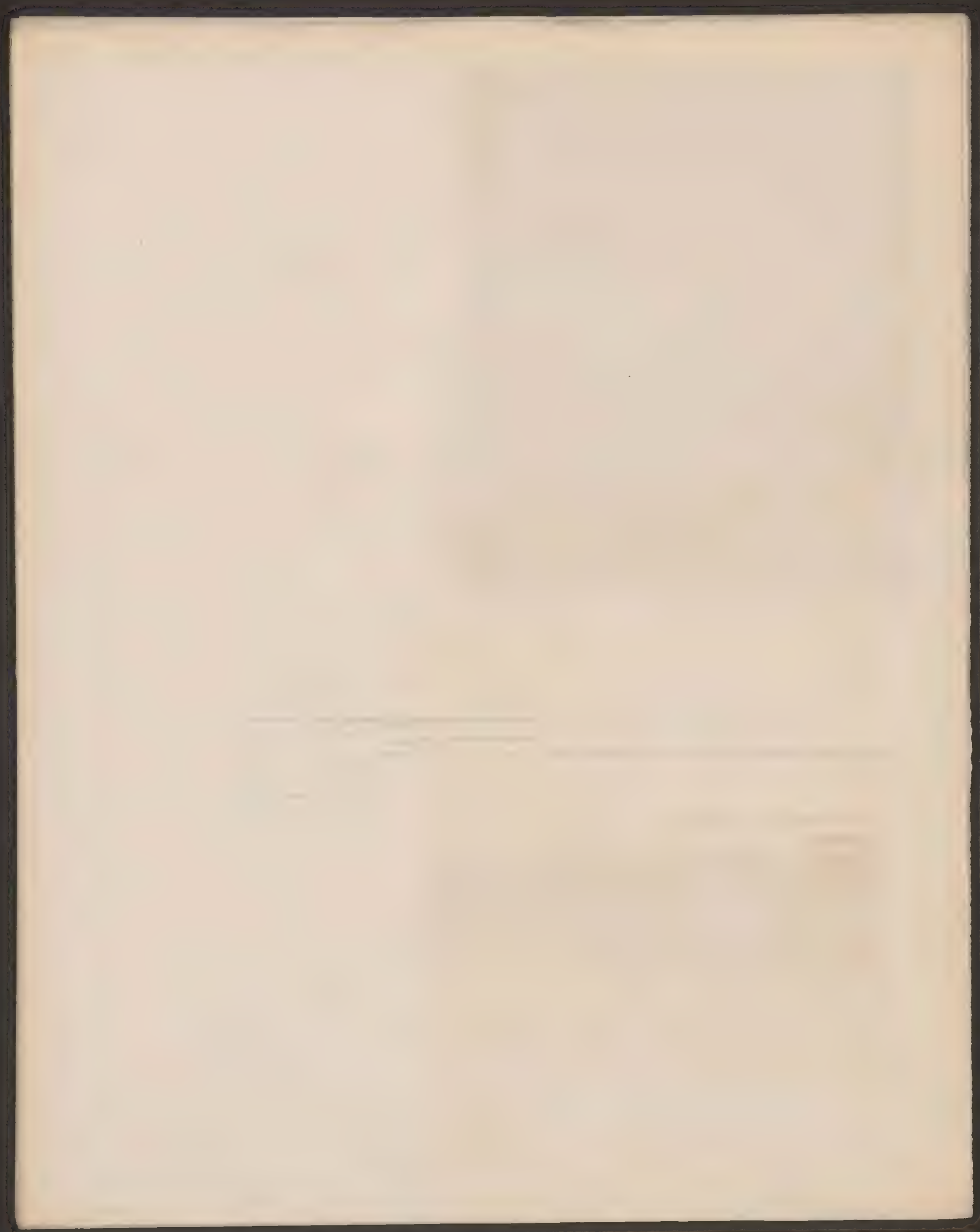


Rys. 65.

świadczeniach z pompą przydatny bywa talerz (rys. 65.), przez który prowadzi rura do pompy; na talerzu umieszcza się przedmioty, które mają znaleźć się w próżni, przykrywając je przyszlifowanym dzwonem szklanym. Dla szczelności brzeg tego dzwonu smaruje się łożem, albo wazeliną, albo męszaniną, parafiną z wazeliną. Po-

dobnym smarem smaruje się również szlifowane części kurków szklanych, jak ~~na rys. 64, żeby nie wysychały i pozostawały szczelne, w tym celu wystarcza jednak nadmierne smarowanie, które może być szkodliwe dla urządzenia.~~

Mozna powiedzieć, że pompa rtęciowa, wyżej opisana, ma tłok, zrobiony z rtęci. Budując, to czysto pompy pneumatyczne z tłokami drewnianymi lub metalowymi, obciągniętymi skórą. Zamian. kurków (jak ~~na rys. 64~~ na rys. 64.) robić w takich maszynach zastawki (w wentyle) czyli





*powstanie, nie ma tu żadnego powodu do zaskoczenia.
 Budowa rękawicy ~~jakieś~~ ~~być może~~ ~~nie ma~~ ~~całkowicie~~
~~nie ma~~ ~~całkowicie~~ ~~nie ma~~ ~~całkowicie~~
 unieśmiertnia koda*

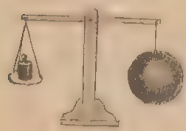
Gdybyśmy zanurzyli rurkę ~~z~~ z tłokiem (rys. 68.) do rtęci, wiemy, że wciągnęlibyśmy ją na wysokość 76 cm ale nie wyżej. Woda jest 13·5 razy mniej ciężka od rtęci, więc można podnieść w ten sposób wodę o wysokość $13·5 \times 76$ cm czyli o wysokość przeszło 10 metrów, ale nie wyżej. Zwyczajna pompa nie może podnieść wody o większą wysokość.

§ 52. Powietrze usiłuje wyprzeć ciało zanurzone.

Zkąd bierze się ciśnienie w powietrzu atmosferycznym? W naczyniu pełnem wody mamy też ciśnienie; wiemy (§ 43.), że jest ono poprostu ciężarem wody. Czy taksamo jest w powietrzu? Czy powietrze ma ciężar? Niebawem przekonamy się (§ 53.), że *powietrze ma ciężar*; zauważmy tymczasem, iż, gdyby powietrze nie miało ciężaru, ani dym z komina ani para z kotła nie mogłyby podnosić się w powietrzu do góry. Istotnie: dlaczego korek w wodzie idzie do góry? Bo w jednakowej objętości jest lżejszy od wody (§ 44.). Więc dym i para w jednakowej objętości są lżejsze od powietrza, skoro w niem idą do góry. Lecz gdyby powietrze nie miało ciężaru, dym i para nie mogłyby być lżejsze od powietrza.

Sprawdźmy to. W miastach sprzedają jako zabawkę kauczukowe baloniki. Sama kauczukowa powłoka w baloniku jest oczywiście cięższa od powietrza; ale gaz, którym balonik jest napełniony, tak zwany gaz oświetlający, jest lżejszy od powietrza; balonik więc idzie w powietrzu do góry, ~~nie~~ ~~jak~~ w wodzie ~~próżna~~ zakorkowana butelka. W takisam sposób bywają urządzone wielkie balony, którymi ludzie wznoszą się w powietrze. ~~Unie-~~ ~~szczony~~ pod dzwonem pompy pneumatycznej balonik wzlatuje aż do szczytu dzwonu; lecz ~~w~~ opada na talerz, skoro pod dzwonem zrobimy próżnię. Istotnie więc *ciało, zanurzone w powietrzu, doznaje parcia do góry, taksamo jak ciało, zanurzone w wodzie* (§ 44.). Parcie, którego doznaje balonik, jest większe, niż jego ciężar; dlatego balonik wzlatuje do góry. Kawałek szkła albo metalu nie wzlatuje do góry w powietrzu, bo ciężar jego jest znacznie większy niż parcie do góry; zawsze jednak to parcie przeciwdziała ciężarowi t. j. pozornie go zmniejsza.

Zobaczmy, czy pozorna strata w powietrzu jest, tak jak w wodzie, tem większa, im większa jest objętość ciała. Weźmy małą ważkę, na której zrównoważyliśmy (rys. 69.) lekką, pustą w środku kulę ciężarkami, śrutem lub rtęcią. Zrównoważyliśmy ją w powietrzu; a ponieważ kula ma objętość większą, niż ciężarki, więc powinna doznawać parcia do góry większego. Zatem *(kula naprawdę)* musi być cięższa niż ciężarki a równoważy się z nimi jedynie dzięki pomocy parcia po-



Rys. 69.

↑ a manowicie

↑ w wodzie

↑ rozumowanie.

↑ z tego samego powodu, z jakiego

↑ idzie do góry

! Balonik taki, L

↑ natychmiast



wietrza. Istotnie: wstawmy ważkę pod dzwon pompy i wyciągnijmy powietrze a zobaczymy, że strona ważki, po której wisi kula, przechyla się ku dołowi.

§ 53. Ciężar powietrza.

Ciało, zanurzone w wodzie, traci ~~ciężar~~ pozornie na ciężarze tyle, ile waży woda, której miejsce zajmuje. Zobaczymy, czy to samo stosuje się do powietrza. Przypuśćmy, że kula w przyrządzie rys. 69. ma 1000 cm^3 czyli 1 litr objętości; dalej, że jest zrobiona z bardzo cienkiej blachy, tak że waży kilkanaście gramów; w takim razie ciężarki zajmują tylko kilka cm^3 i możemy pominąć parcie, którego doznają w powietrzu. Zrównoważywszy kulę w powietrzu, widzimy, jak powiedziano, że w próżni kula przeważa. Teraz, zrównoważywszy kulę w powietrzu, dodajmy jeszcze 1.2 grama po stronie ciężarków; wówczas w powietrzu ciężarki będą przeważały, ale w próżni będzie równowaga. To dowodzi, że ciężar kuli zmniejsza się w powietrzu wskutek parcia o 1.2 grama. Zatem litr powietrza musi ważyć 1.2 grama.



Rys. 70.

Żeby to sprawdzić, potrzeba dokładnej wagi oraz bani szklanej z kurkiem (rys. 70.). Zapomocą pompy pneumatycznej usuwamy z bani powietrze; następnie, zamknąwszy kurek, zawieszamy banię na wadze i równoważymy ją śrutem lub rtęcią. Nareszcie otwieramy kurek i dokładamy ciężarków tyle, ile potrzeba do przywrócenia równowagi. Dołożymy w tym celu 1.2 grama, jeśli bania aż do kurka ma litr objętości. Zatem rzeczywiście: litr powietrza waży 1.2 grama. Czy nie popełniliśmy tu jednak błędu, skoro bania, ważona w powietrzu, musiała tracić na ciężarze? Nie popełniliśmy błędu, bo nie szło nam o ciężar bani, lecz o przybytek w jej ciężarze, spowodowany tem, że weszło do niej powietrze. Ilekolwiek bania traciła na ciężarze, wszystko jedno, bo traciła zarówno w pierwszym, jak w drugim ważeniu. Jeśli nie znamy objętości bani, ważymy ją po raz trzeci pełną wody. Ile gramów musimy teraz dołożyć (do śrutu lub rtęci, które równoważyły banię w pierwszym ważeniu) tyle cm^3 bania ma objętości. Potrądzmy przybytek w ciężarze bani, spowodowany wejściem powietrza, przez objętość bani, znajdziemy zawsze

Powietrze ma zatem stosunkowo znaczny ciężar. Duży pokój może mieć długości i szerokości np. po 5 m a wysokości 4 m; w takim razie zawarte w nim powietrze waży 120 kg. Litry wody waży kilogram, zatem powietrze jest około 850 razy mniej ciężkie niż woda t. j. ma gęstość $\frac{1}{850}$.

§ 54. Gęstość a ciśnienie.

Wystawmy sobie litr powietrza atmosferycznego, np. nad rtęcią w rurce A, rys. 63. Mamy w nim, jak wiemy, 1.2 grama powietrza. Przypuśćmy, żeśmy objętość tego powietrza powiększyli w dwójnasób; zmusiliśmy tym sposobem 1.2 grama do rozejścia się po objętości dwóch litrów. Zatem w pierwszym litrze zostało tylko 0.6 grama powietrza; 0.6 grama powietrza przeszło do drugiego. Widzimy więc, że ciężar litra powietrza zmniejszył się do połowy i że gęstość powietrza zmniejszyła się do połowy. Powiadamy: w jakim stosunku zwiększamy objętość pewnej ilości powietrza, w takim stosunku zmniejsza się jego gęstość.

Lecz jeśli zmienia się objętość, którą zajmuje 1.2 grama powietrza, to zmienia się także jego ciśnienie. Zajmując jeden litr, 1.2 grama wywiera ciśnienie 76 cm rtęci; rozszerzywszy się do objętości podwójnej, będzie wywierał ~~ciężar~~ ciśnienie dwa razy mniejsze. Zatem, gdy gęstość powietrza zmniejszyła się do połowy, ciśnienie zmniejszyło się również do połowy. Możemy powiedzieć na zasadzie § 49.: w jakim stosunku zmniejszymy gęstość pewnej ilości powietrza, w takim zmniejszy się jego ciśnienie.

70
79

↓ (s)

f (ktoś zamierza użyć mosiężne)

↓ właśnie

/ zwykłego

1.2 grama na każdy litr powietrza

/ zwykłe

↓ powietrza

f litra

√ ()

↑ stosunku



Dlatego mówi się o powietrzu, które wywiera ciśnienie, mniejsze niż atmosferyczne, że jest rozrzedzone. Innymi słowy, w danej objętości może być powietrza więcej i mniej; jeśli jest go 2 gramy, ciśnienie jest dwa razy większe, niż jeśli jest go gram; jeśli jest go 3 gramy, ciśnienie jest trzy razy większe. ↑ Każdy gram powietrza sprawia więc swoje ciśnienie, czy w owej objętości są inne gramy powietrza, czy ich nie ma. Ciało, które ma te własności, nazywamy ciałem gazowym albo gazem. Powietrze zatem jest ciałem gazowym. Lecz, jak prócz wody jest wiele innych ciał ciekłych, podobnie prócz powietrza jest wiele innych ciał gazowych. ↑ o czym dowiemy się dokładniej z Chemii, a także z rozdziału o cieple.

↑ it. 2.

↓, znajdujący się w danej objętości,

↓ w ogóle podobne.

↓ przykładem

↑ np. tlen, wodór, bezwodnik węglowy it. 2.,

↓ ponieważ

§ 55. O wysokości atmosfery.

Kula ziemską jest przykryta powłoką powietrza. Wejdźmy na wysoką wieżę, wstąpmy na szczyt góry, wzniesmy się balonem — znajdziemy tam wszędzie powietrze. A zatem żyjemy w głębi ogromnego oceanu powietrza, jak rośliny dna morskiego, które żyją w głębi ogromnego oceanu wody. Jak wysoko sięga ten ocean powietrza, ta atmosfera, jak go nazywają? Gdzie się ona kończy? Mimowoli nasuwa się takie pytanie.

Zdawałoby się, że łatwo można na nie odpowiedzieć. Wyobraźmy sobie 1 m³, leżący poziomo na ziemi. Wiemy (§ 48.), że ciśnienie powietrza cięży na nim ciężarem 10260 kg. A ponieważ ciśnienie powietrza wynika z ciężaru powietrza (§ 52.), więc 10260 kg jest to ciężar słupa powietrza, który wznosi się na podstawie metra kwadratowego od ziemi aż do krańców atmosfery. Ponieważ zaś metr sześcienny powietrza waży 1.2 kg (§ 53.), zdawałoby się przeto, że wspomniany słup, ażeby mógł pomieścić w sobie 10260 kg powietrza, powinien składać się z $\frac{10260}{1.2}$ czyli z 8550 sześciennów, mających każdy po metrze wysokości. Czy zatem atmosfera ma 8550 metrów wysokości? Bynajmniej tak nie jest / atmosfera sięga znacznie wyżej, jak to zaraz zobaczymy.

/;

§ 56. Im wyżej, tem powietrze rzedze

W wodzie, im głębiej, tem ciśnienie większe (§ 43.); tak być musi, skoro ciśnienie w wodzie w pewnej głębokości — to ciężar wody, powyżej leżącej. W powietrzu jest podobnie: ciśnienie w atmosferze w pewnej wysokości — to ciężar powietrza, powyżej leżącego. A zatem w miarę oddalania się od powierzchni ziemi ciśnienie powietrza musi być coraz mniejsze; my zaś, na dnie atmosfery, mamy największe ciśnienie powietrza. Że tak jest, okazuje się w każdej podróży balonem. Przy wzlocie balonu, na powierzchni ziemi, barometr pokazywał (przypuśćmy) 76 cm; w takim razie leżnie pokazywał:

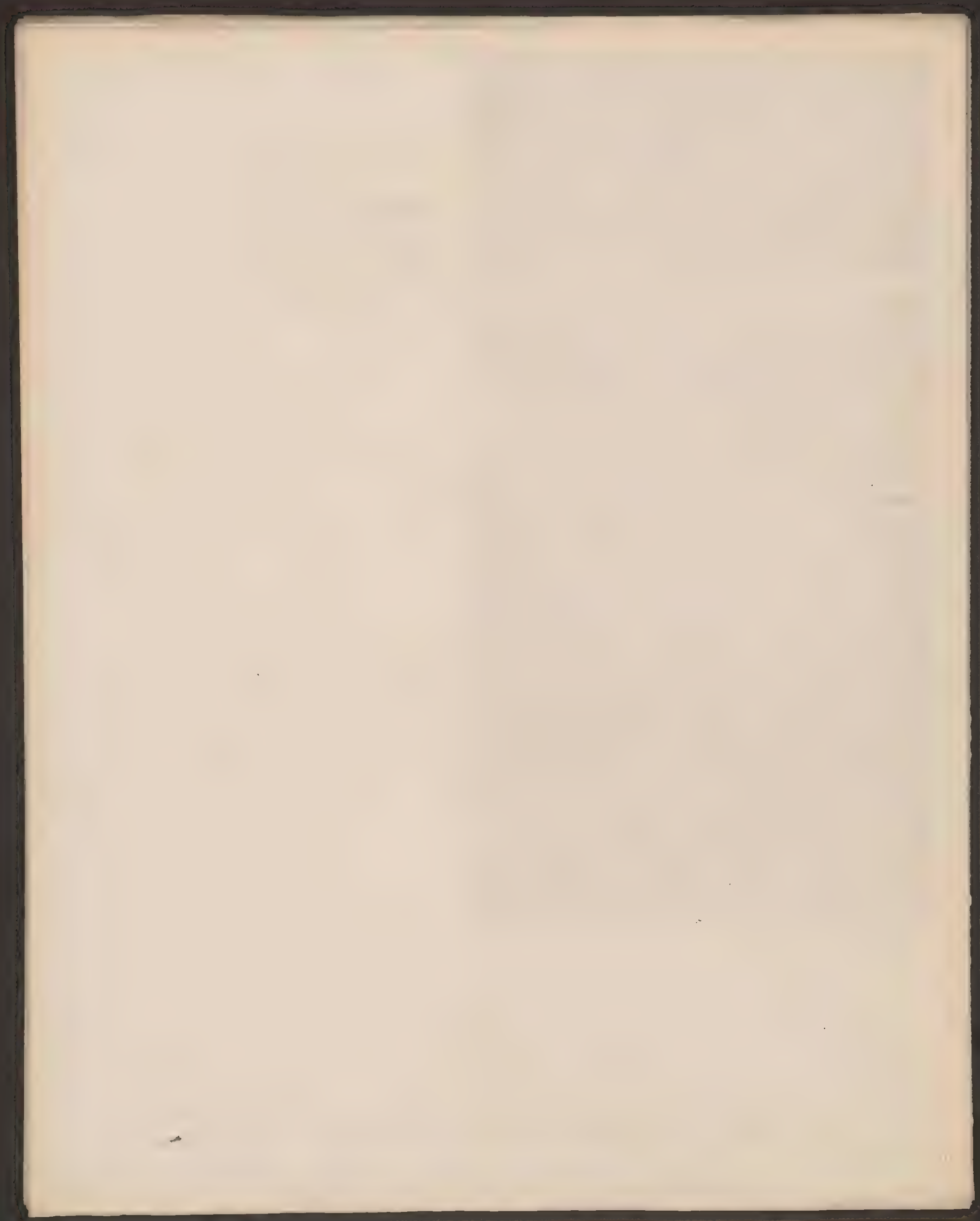
↓ ciśnienie mniejsze

na wysokości 1000 m nad ziemią ... około 67 cm

na wysokości 2000 m nad ziemią ... około 59.5 cm

na wysokości 5000 m nad ziemią ... około 41 cm.

Narysujmy te wysokości barometru tak, jak to przedstawia Rys. ... , mierząc je w kolejnych odstępach od lewej ~~strony~~ ku prawej, odpowiadających wzruszeniom kolejnym barometru z ~~na~~ nad ziemią; na Rys. ... np. 1 cm odstępni wyobraż 1000 m wzruszenia nad ziemią. Potoczny wzrost (wzrost porównaj PP)





Im wyzej, tem powietrze wazniejsze.

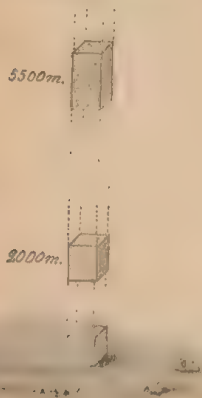
Jeśli ciśnienie w atmosferze jest coraz mniejsze, im dalej od ziemi, to powiadamy ~~że~~: *im dalej od ziemi, tem gęstość powietrza jest mniejsza, tem powietrze jest rzadsze*. Istotnie, w górach i w balonie znajdujemy coraz rzadsze powietrze, im wyżej się wznosimy. Dlaczego nie dostrzegamy w wodzie podobnego przyrostu gęstości ku dołowi, np. w dużym zbiorniku? Bo woda jest (§ 85.) nadzwyczaj mało ściśliwa. Ciężar wysokiego nawet słupa wody jest jeszcze zbyt słaby, ażeby mógł ścisnąć wodę w sposób

dostęgalny. Wyobraźmy sobie np. wałek z 5 -go, Rys. 3^z, o powierzchni 10 cm^2 jak baranicy, do wysokości np. 50 m ; jest to ~~walec~~^(masywny) wysokość znaczna, nie może być kładziono na ziemi, które leżałoby więc na 50 m . Wyobrażamy sobie ten obrotowy wałek wypełniony wodą. Pomiarowi jego ciążenia 50 t równo waga, czyli 50 kg . ~~Każdy~~ ~~cały~~ Wyprowadzimy warunek wody u samego dna wałka, a więc najprzejazdzając, znosi ona ciśnienie 50 kg , czyli 5 kg każdy cm^2 . Lecz w 5 -ym widać, że ciśnienie dopiero 2000 kg na trójkąt, czyli 200 kg na cm^2 ścisnęło każdy cm^3 wody o jedną setną część cm^3 ; obecnie ciśnienie 5 kg na cm^2 ściśnie ^(każdy cm^3 w) warstewkę najmniejszą ~~tę~~ zależnie o $\frac{1}{4000}$ części cm^3 . Przeciwie pomysł jest znacznie łatwiej ścisnąć wodę (δ). A zatem słup wody [↑] podobny do stosu cegieł, leżących na sobie a słup powietrza ~~byłby~~ raczej podobny do stosu materaców sprężynowych, leżących na sobie: im który niżej leży, tem mocniej jest ściśnięty.

To tłómaczy, dlaczego otrzymaliśmy błędny wypadek, obliczając wysokość atmosfery w artykule ~~1-2 kg~~. Obliczaliśmy, jak wysoki musi być słup, mający za podstawę 1 m^3 , ażeby mógł pomieścić 10260 kg powietrza. Gdyby 1.2 kg powietrza zajmowało zawsze 1 m^3 , słup ten musiałby mieć, jak powiedzieliśmy, 8550 m wysokości. Ale 1.2 kg powietrza tylko tuż nad powierzchnią ziemi zajmuje 1 m^3 , im wyżej zaś, tem powietrze jest rzadsze, więc

tem większą objętość brać trzeba, żeby znaleźć w niej zawsze 1:2 *kg*. Idźmy w naszym słupie do góry, poczynając od ziemi (rys. 73.); dzielimy go na takie prostopadłościany, ażeby każdy mieścił w sobie 1:2 *kg* powietrza. Prostopadłościan, leżący tuż przy ziemi, jest sześcianiem i ma metr wysokości. Prostopadłościan, leżący o 2000 metrów od ziemi, ma 1 *m* 27 *cm*; prostopadłościan, leżący o 5500 *m*, ma 2 *m* wysokości. Widzimy zatem, że na wysokości 2000 *m* nie pomieści się 2000 prostopadłościanów, lecz mniej; na wysokości

8550 m/ nie pomieści się 8550 prostopadłościaków, nie pomieści się zatem 10260 kg powietrza. Atmosfera musi sięgać znacznie wyżej niż 8550 m., czyli nie 8.55 km. Istotnie, zauważono,



Rys. 73.

✓ НА ЗАДАЧУ 58

↑ (5)

\downarrow $-4m$

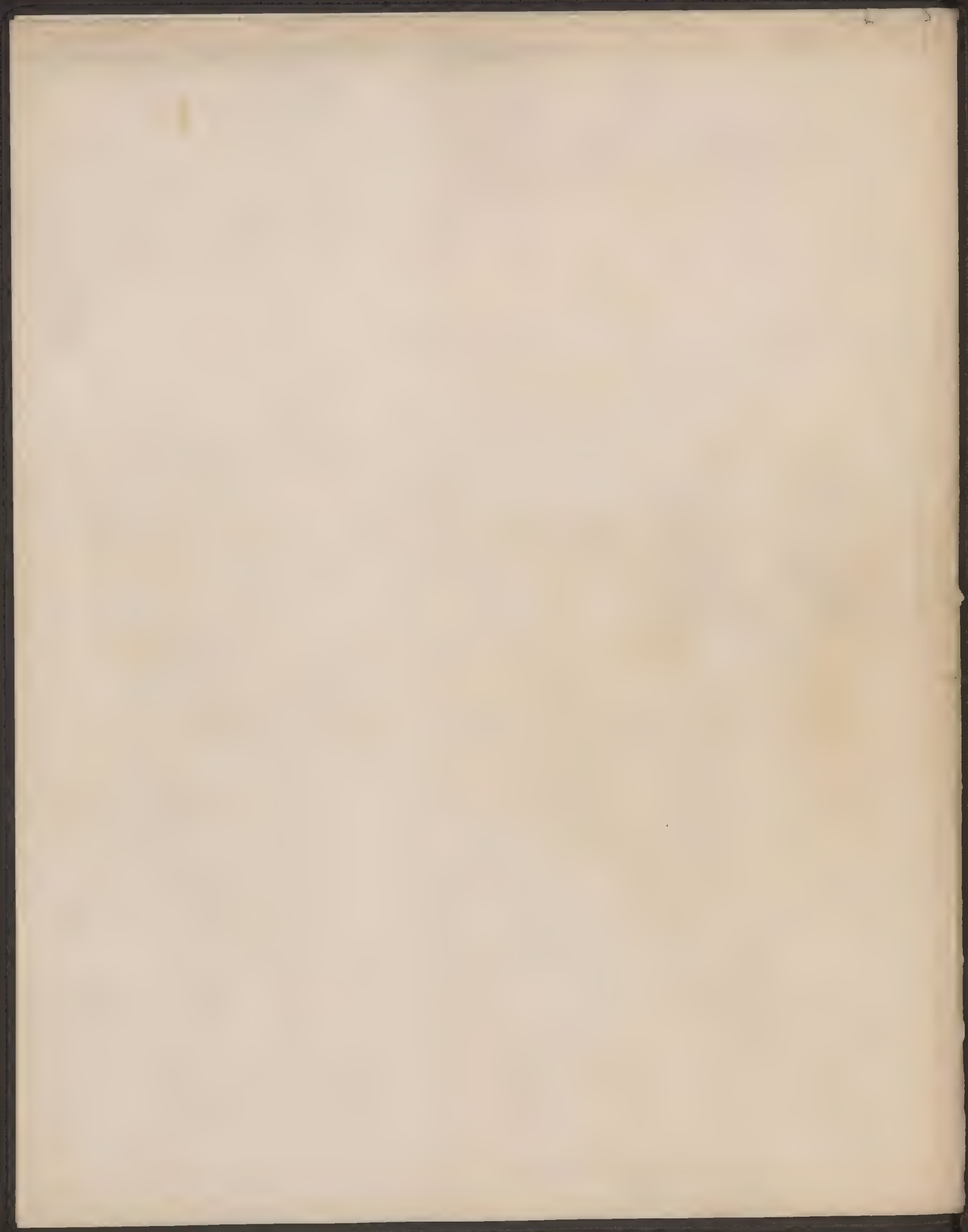
T, licząc od zremi pronomo,
Γ od zremi

chmury unoszą się w powietrzu na wysokościach,



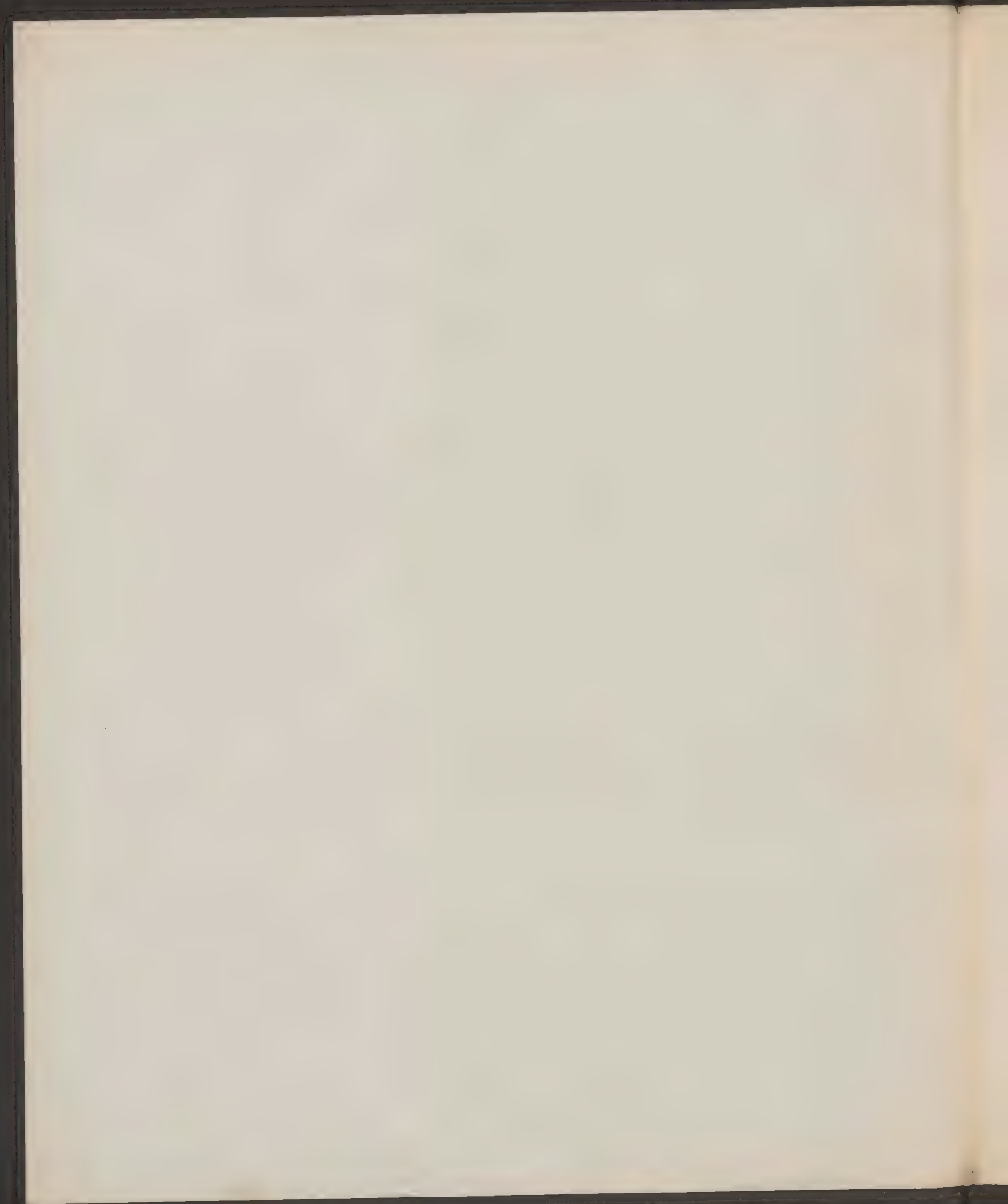
~~km~~ dochodzących niekiedy do 80 km. Z tego zaś strony wiadomo, że intensywność światła słonecznego niekiedy w odległości 200 km od powierzchni ziemi. Ponadto wiadomo, że poruszają one światło wówczas, gdy znajdują się w dość cienkiej warstwie opionowej. Kłopot i opór, jaki im przedstawia powietrze (ogromnego dłatego, że prędkość, z jaką pada, jest ogromna), przede wszystkim to, że już nawet na wysokości 200 km nad ziemią musi być jeszcze powietrze, które nie tylko hamuje, ale i rozpraszając.





Rozdział III



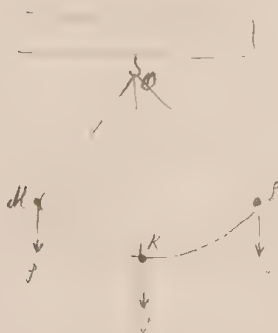


Rozdział trzeci.

§ 1. falach. O glosie

§ 1. Ruch wahadła

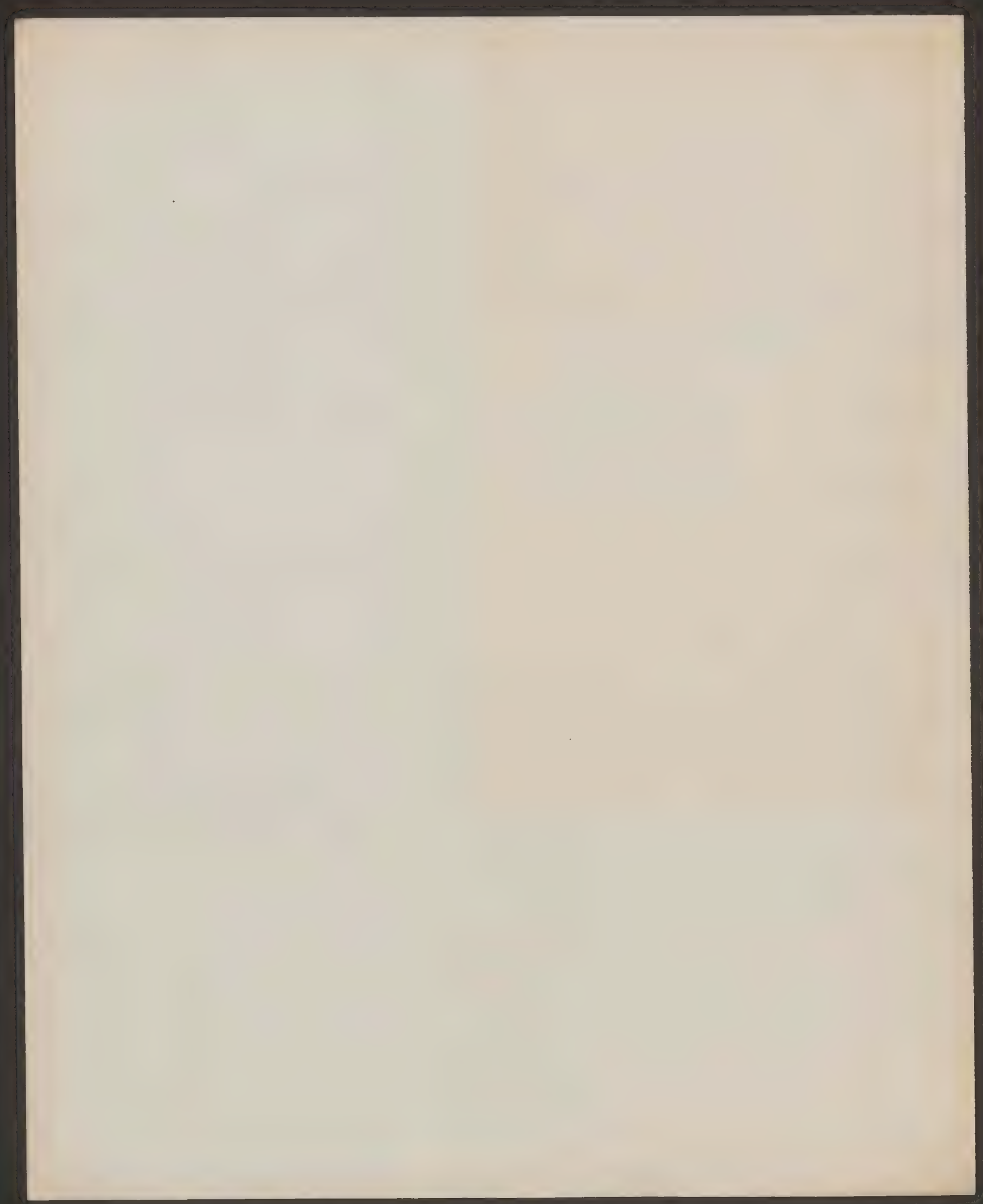
W artykułach 16, 17, 38, 39 i 40 poznaliśmy własności wahań i ruchu wahadlowego.



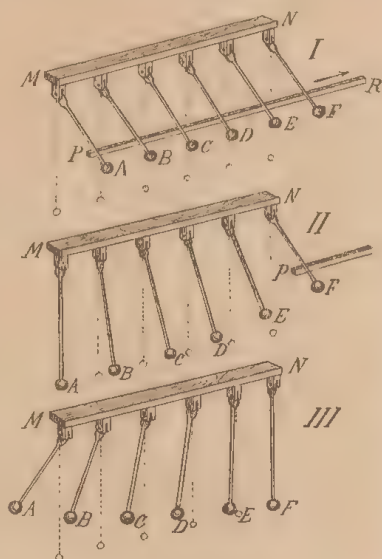
(Rys. 74 księgi)

Pamiętamy, że wahadło w położeniu OK (rys.) wisi spokojnie; w każdym innym położeniu musi się poruszać. W położeniu np. OL ciężkość kulki LP nie jest zrównoważona; kula porusza się zatem ku położeniu K , ale i tam nie zatrzyma się, gdyż jest bezwładna; zatem będzie wzmożła się, aż do M , po stronie przeciwnej, dopóki energia, nabyta po drodze LK , nie wyzeruje się na pracę wznoszenia (§ 38.) Gdy to się stanie, kula pownie spadać, dojdzie do K , znowu przez bezwładność przejdzie po za K , dojdzie do L i t. d. i t. d. Ruch wahadła odbywać się w taki sposób bez końca, gdyż energia jego nie rozprasza się ^{zwolna} (na otaczające przedmioty, na kółka, na belki, na ~~stojące~~ powietrze, skutkiem tarcia, oporu i t. p. wpływów ubożących).

Jak widzimy, ruch wahadła polega w istocie swoj na wazeniu się ~~ciężkości~~ ciężkości z jednej strony, a bezwładności wahadła z drugiej. Dokonywać się w nim nieustanna zamiana energii ruchu wahadła na pracę przeciwko ciężkości, i naodwrot, pracy ciężkości na energię ruchu wahadła.

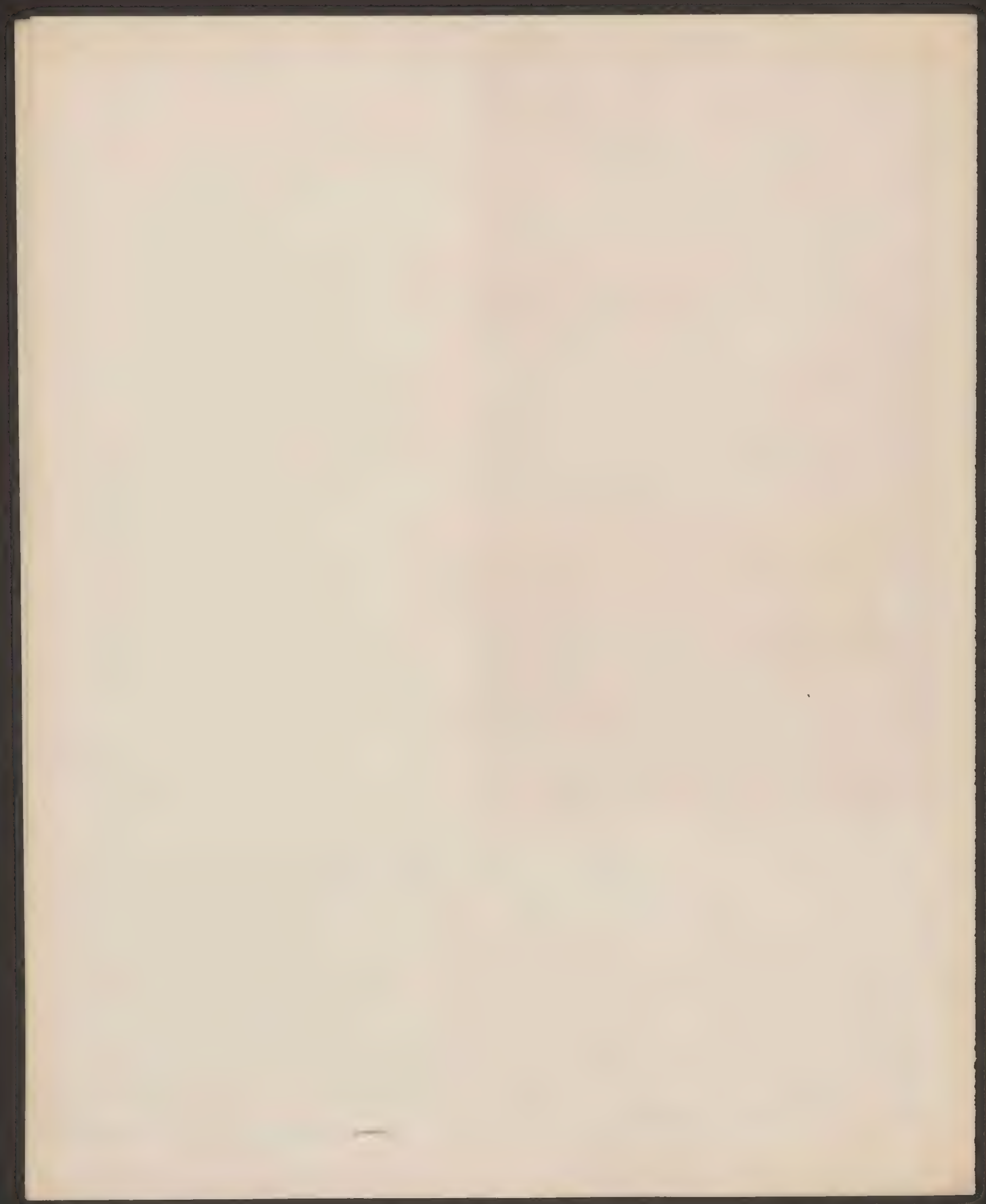


Pod deseczką MN (rys. 75, I.) zawieszamy szereg wahadeł: A, B, C, D, E, F i odchylamy je wszystkie razem przy pomocy pręta PR , podstawionego pod druty wahadeł. Przypuśćmy teraz, że wysuwamy pręt PR z pod wahadeł w kierunku, jaki pokazuje strzałka. Wahadła zaczynają opadać ku pionowym swym położeniom, które na rys. 75, I widzimy kropkowane; dobiegłszy do nich, poruszają się dalej, podnoszą się po stronie przeciwnej, jednym słowem *odbywają ruch wahadłowy*, podobnie jak wahadło OK w artykule poprzednim. Lecz pręta PR nie wysunęliśmy *odrazu* z pod wszystkich wahadeł; wysunęliśmy go naprzód z pod A , chwilę później z pod B i t. d. Zanim przeto wahadło B rozpoczęło swą drogę, A już część swojej odbyło. Na rys. 75, II widzimy chwilę, gdy A przebiega przez położenie pionowe, gdy B, C, D, E biegną na lewo, ku swoim położeniom pionowym, zaś F dopiero rozpoczyna swą drogę na lewo. Na rys. 75, III widzimy nieco późniejszą chwilę, gdy A zawraca już i zaczyna drogę powrotną na prawo, gdy B, C, D, E , przebiegłszy po za swe położenia pionowe, wznoszą się jeszcze ku górze, zaś F przebiega właśnie przez swe położenie pionowe. A zatem widzimy, że, jeżeli A w pewnej chwili jest w pewnym położeniu, to chwilę później B będzie w takim samym położeniu, chwilę później będzie w niem C i t. d. Powiadamy więc, że tu w szeregu wahadeł ruch wahadłowy *postępuje*, posuwa się czyli *rozchodzi się* z pewną prędkością. Istotnie: potrzeba na to pewnego czasu, ażeby którekolwiek położenie (np. największe wychylenie się na lewo) udzieliło się od wahadła A aż do wahadła F t. j. ażeby posunęło się ono o odległość AF . Widzimy dalej, że same wahadła, wahając się, nie posuwają się ani ku jednemu ani ku drugiemu końcowi deseczki MN ; wahają się one *poprzecznie* czyli prostopadle do kierunku MN . Tylko ruch ich, ruch wahadłowy, posuwa się czyli *postępuje* w kierunku MN .



Rys. 75.

Powtórnym raz jeszcze doświadczenie poprzednie; ucz wysuwajmy pręt PR tak powoli z pod drutów wahadeł, żeby wahadła A rozpoczęło ~~swój~~ *pierwsze* wahanie ~~odrazu~~ w tej chwili, w której wahadło F , skłoniemy *pierwsze*, ~~rozpoczęło~~ *drugie* wahanie. (zob. w § 38-gim skłonicie wyrazu „wahanie”)
Ponieważ *drugie* wahanie ~~to~~ *jest* (w pomiarach czasu i czasu) dokładnym powtórzeniem *pierwszego*, więc ~~endowem~~ *je* ~~z~~ wahadła F i A będą ~~razem~~ *razem* odbywały *ruch* *jednakowy*: w tej samej chwili będą w największym wychyleniu na prawo, w tej samej chwili przejdą przez położenia pionowe, w tej samej dojdą do największych wychyleń na lewo. ~~...~~ *Słobyśmy mieli nie sześć, ale np. trzydzieści wahadeł, umieszczonych w równych odstępach, jak powyższe, i gdybyśmy poruszali je w opisany sposób, wysuwając pręt ruchem jednostajnym, ...* ~~...~~ *sprawdziłobyśmy podobnie, że ...* ~~...~~ *nie tylko sześć, ale i jedynaste, wa-*



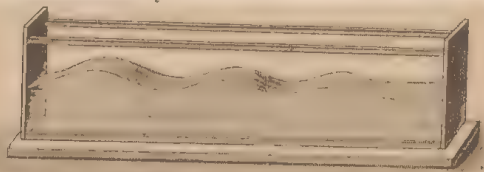


Wastwiera koreci. W ^{uszu} piersi wagle ~~waga~~ wody na, pociągach wody u zwojs kłosa
krosta; i ten s. w. witamin / w. d. ~~waga~~ kłosa - kłosa w ruci w. w. d. i. y. Ruch t.

rednebo m. dale

Handwritten: 707-16877 211 / 10

causes known; or




Rys. 78.

Rys. 78.

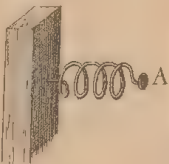
Wzrost wody — fale, która biegnie po powierzchni. Posypmy powierzchnię wody miałem korkowym lub drzewnym; zobaczymy, że pływające cząsteczki podnoszą się i opadają, gdy fala przebiega, ale nie posuwają się ani naprzód, ani wstecz. A zatem, gdy fala przebiega, nie sama woda posuwa się naprzód, lecz tylko jej kołysanie się, jej ruch wahadłowy posuwa się naprzód, czyli *postępuje* wzdłuż koryta. Podobnież, gdy na powierzchnię wody w stawie lub rzece rzucimy kamień, wstrząśnienie powierzchni rozchodzi się we wszystkich kierunkach i dlatego widzimy fale w postaci kół, rozbiegających się po powierzchni.

§ 61. Fale w sprężynie.

Weźmy krótką sprężynę (zrobioną przez skrócenie drutu koło rury), umocujmy ją na jednym końcu (rys. 79.) a na drugim przytwierdźmy kawałek papieru *A* dla uwi-
 docznienia ruchu sprężyny. Jeśli sprężynę ściśniemy, budzi się w niej siła sprężystości; zatem, gdy ją puścimy, sprężyna nie pozostanie ściśnięta, lecz pocznie powracać do pierwotnej długości, a gdy jej do-
 sięgnie, wydłuży się jeszcze nieco przez bezwład-
 ność. Znak *A* będzie się poruszał na lewo i na prawo, będzie się *wahał*, podobnie jak kula wahadła, jak kawałek korka na kołyszącej się wodzie. *Wahanie się tego znaku będzie*



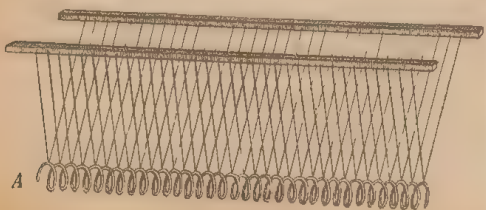
Rys. 79.



Rys. 79.

więc wynikiem reptowania sprzątnięcia oraz konstruowania sprzątnięcia, konstruowania i konstruowania. Poza
tym, konstruowania jest wadliwym, wynikającym z konstruowania konstruowania i konstruowania; od konstruowania
konstruowania jest wadliwym, konstruującym konstruowania i konstruowania.
Zróbmy teraz podobną, lecz dłuższą konstruowania.

Zróbmy teraz podobną, lecz długą sprężynę, do 2 m. mającą (Dobrze jest wziąć drut miedziany o grubości 2 mm, każdemu skrętowi dać około 7 cm średnicy i zrobić około 70 skrętów na długości 2 m). Zawieśmy sprężynę, jak na rys. 80. Uderzając koniec A młotkiem, ściśniemy naprzód tylko kilka pierwszych skrętów sprężyny; lecz ściśnięcie to udziela się niebawem

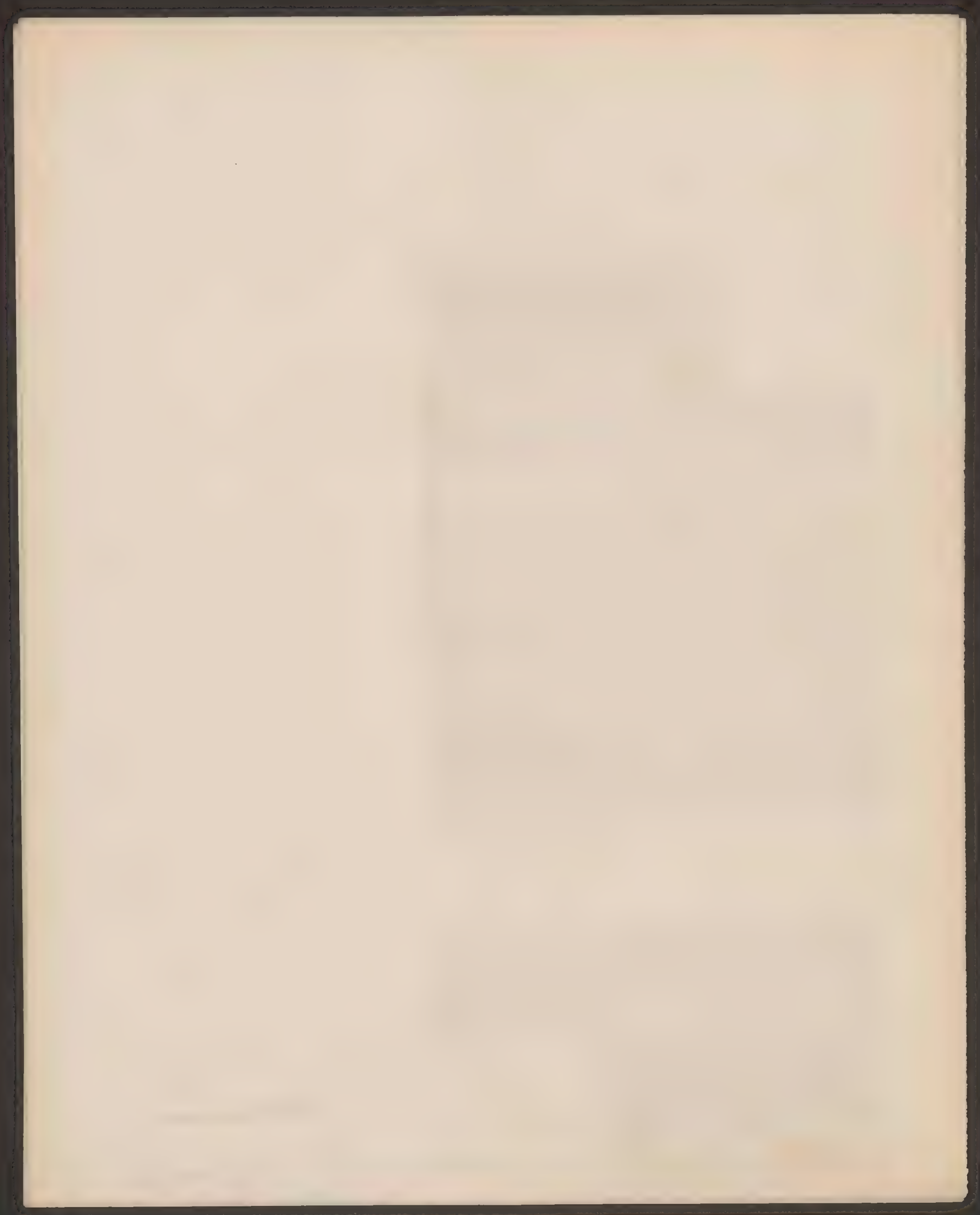


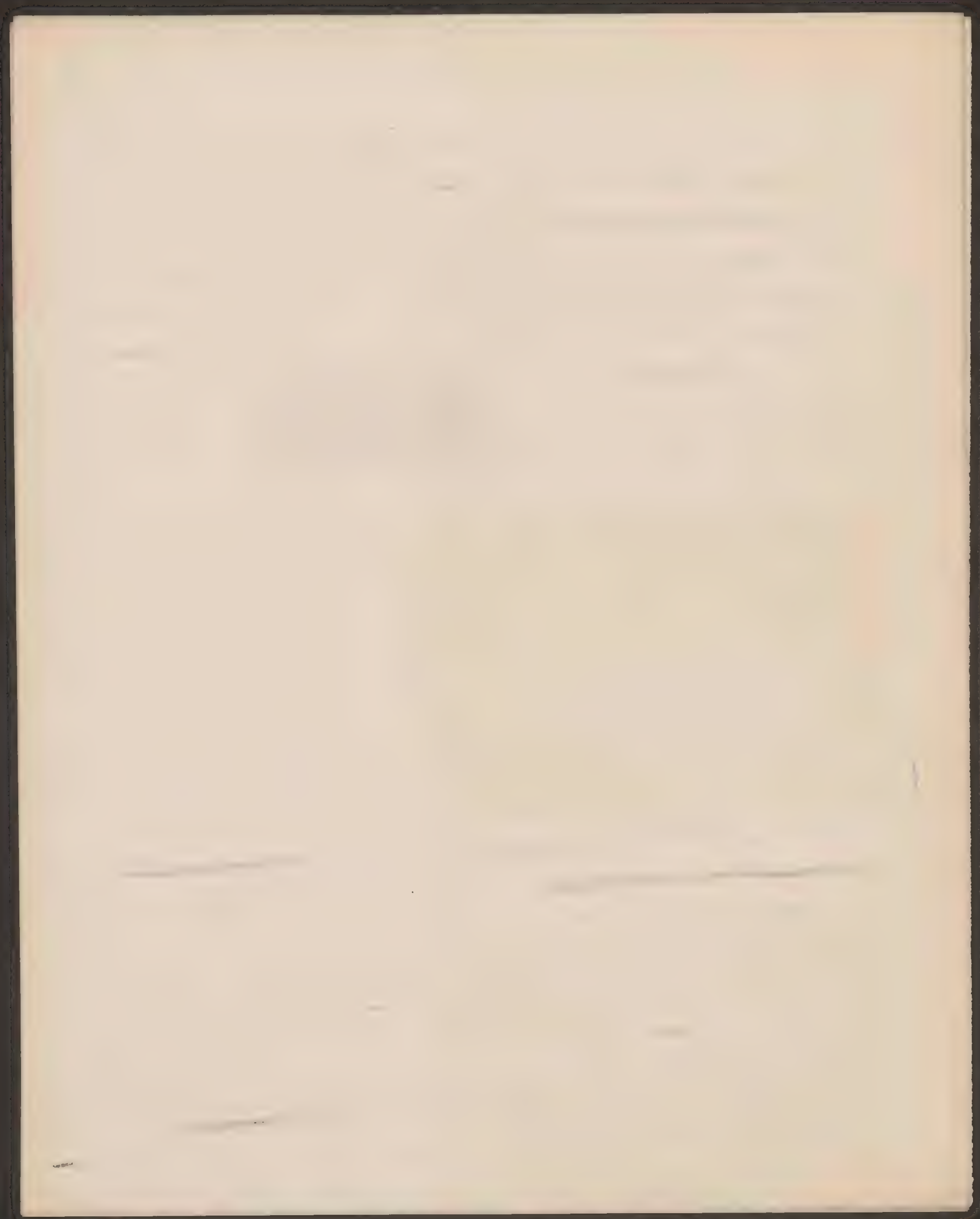
Rys. 80.

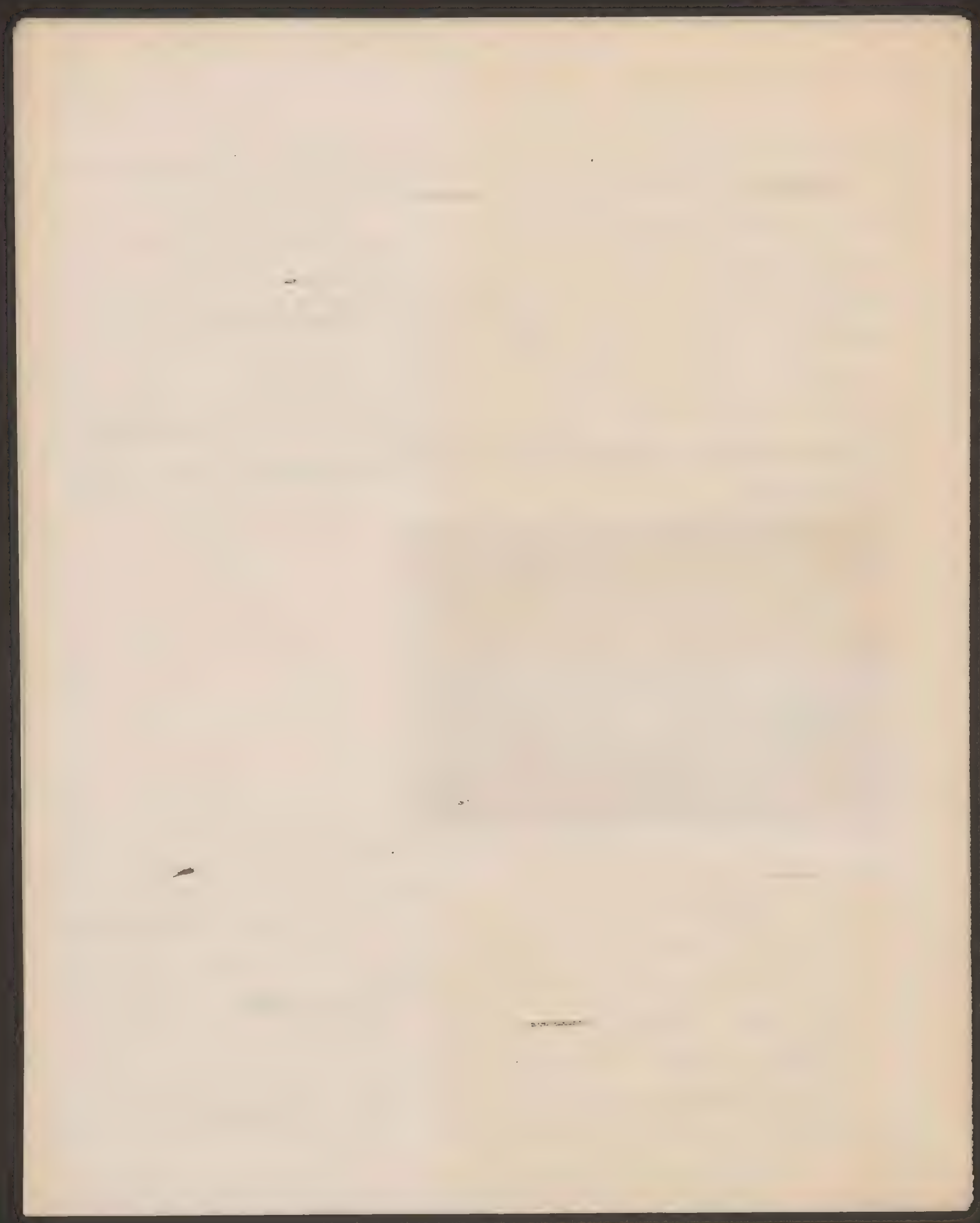
de do drugoga, jer korica. Potvrduju to i završetak

nie, /przełgł go. - to uwarwie. ~~nie, /przełgł go. - to uwarwie.~~

~~Wskazywano~~ - kotowinokolurick jednemu wysposu przysięgę. Wskazywano
~~Wskazywano, że wstąpienie biskupa na się odwołano w tym wysposie.~~







Uderzmy brzeg dzwonu lub pociągnijmy po nim smyczkiem; słyszymy *głos*. Zkąd głos powstaje? Możemy łatwo dowiedzieć, że dzwon *drga*, dopóki głos się rozlega. Czujemy drganie dzwonu, dotykając go ostrożnie palcem lub ustami; jeśli dotkniemy za mocno, stłumimy drganie i zaraz też umilknie głos, który słyszemy. Zbliżajmy lekkie wahadełko (rys. 84.) do dzwonu, wydającego głos; będzie ono odskakiwało, potrącane raz wraz przez drgający dzwon. Struna dźwięcząca podrzuca lekkie skrawki papieru czyli »koniki«, które pozawieszaliśmy na niej; wygląda też jak gdyby grubsza, dopóki wydaje głos. Widzimy więc, że *każde ciało drga gdy wydaje głos*.



§ 64. Głos rozchodzi się w powietrzu.

Jeśli drgający dzwon znajduje przed sobą palec, uderza o palec; jeśli spotyka wahadełko, uderza o wahadełko; a że zazwyczaj znajduje przed sobą powietrze, więc uderza o powietrze t. j. ścisła czyli zgęszcza pierwszą, przylegającą doń warstwę powietrza. To ściśnięcie czyli zgęszczenie udziela się dalej, jak w sprężynie (rys. 80.), jak w rurce *abcd* (rys. 83.) i tym sposobem w powietrzu rozchodzi się ~~fala zgrzeszenie~~. Ale tymczasem dzwon, odbywając drugą część drgania, poczyną się cofać i pociągać za sobą czyli rozrzedza pierwszą, przylegającą doń warstwę powietrza; tym sposobem w powietrzu rozchodzi się ~~fala rozrzedzenie~~, które biegnie tuż zaraz za pierwszą, podobnie jak biegło za nią.

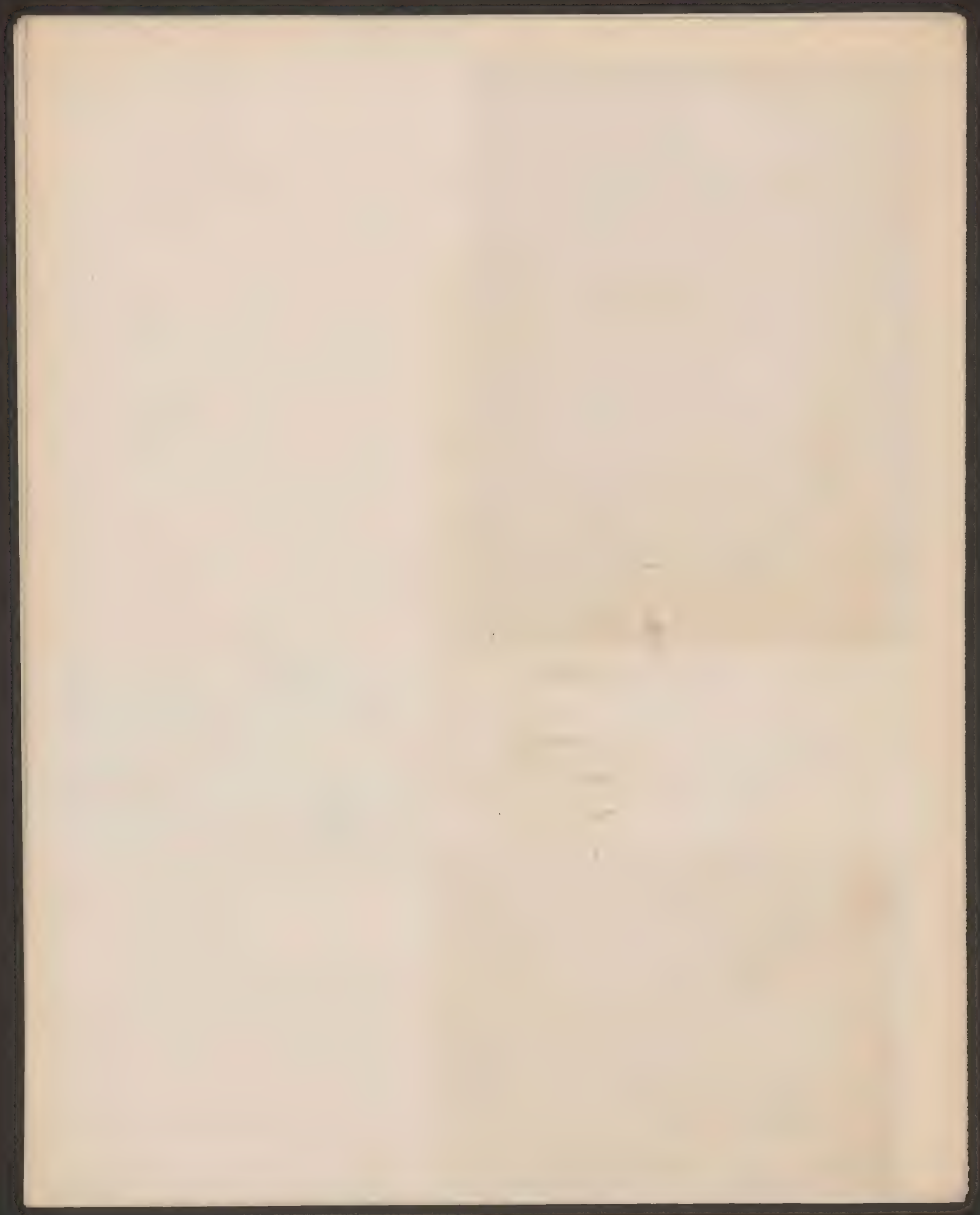
W sprzecznie, w której rozchodzi się fala (S). Dzwon jednak, ukoiący pierwszy wahanie, nieprawy dźwięk, przez co po-
dany może być przykładem wzajemnego pomiaru tej wyznacza "dźwięk zgodzenie". Zupełnie podobnie wyśle następnie
"dźwięk niezgodzenie", niesłyszalne, może być również "tęże niezgodzenie" i t.d. i t.d. Od dzwonu potrzebne więc
w każdym kierunku fala podłużna i poprzeczna. Właśnie z tego powodu, że fale te są różnymi, dlatego też
fale te nie mogą być w każdym kierunku, utworzyć się może fala kulista, w której przypadek zgodzenia i
niezgodzenia mogą kształt powierzchni kulisty, podobnie jak ^{wrażeniowa} na powierzchni wody ^{kątem wypływu} rozchodzi się w postaci "fal".
Gdy zaś fala, bieżąc w powietrzu, dojdzie narysów uszu (lub do -
kładniej (nerwu naszego słuchowego), wówczas usłyszymy głos.
Istotnie też nie słyszymy wcale głosu dzwonka, zawieszonego we-
wnątrz bani szklanej, jeśli z tej bani wyciągniemy powietrze. Zatem
powiadamy: gdy słyszymy głos, wtedy odbywa się poza obrębem
naszej osoby tylko ruch pewnego rodzaju, mianowicie falowanie
powietrza. Głos, który słyszymy, jest naszym wrażeniem, wywo-
łanem przez to falowanie, podobnie jak ból, którego doświadczamy,
gdy ktoś uderzył nas laską, jest naszym wrażeniem, wywołanem
przez ruch laski i jej uderzenie.

Powietrze, w którym rozchodzi się głos, odbywa pewien ruch a więc musi mieć dzięki temu pewną *energiją* (§ 23.). Istotnie: gdy strzelają z armat lub gdy rozlega się huczna muzyka, szyby w oknach drżą czyli »dzwonią«. Skutkiem bardzo potężnych wybuchów powstaje huk tak straszny, że pod naciskiem falującego powietrza szyby pękają, ściany się załamują a ucho ludzkie, jeśli znajdzie się na drodze, łatwo może ulec uszkodzeniu. Falowanie powietrza może więc wykonać pracę; powietrze, w którym rozchodzi się głos, ma ~~dzięki~~ temu pewną *energiją*. *Powiadamy, że głos*

↓ pierze zagrozić

T. piceum Fem. 29.9.1925.1926

T same





[illegible]



§ 67. Odgłos.

Umocujmy jeden koniec długiej sprężyny (rys. 80.) zupełnie stale, przytwierdźmy go np. do ściany i spróbujmy z drugiego końca wzbudzić w sprężynie falę. Fala powstaje, przebiega sprężynę, lecz, gdy dojdzie do ściany, zawraca się i biegnie po sprężynie napowrót. Jak piłka, rzucona o ścianę, odskakuje i biegnie napowrót, tak fala w sprężynie cofa się od ściany napowrót; powiadamy, że fala *odbija się* od ściany. Podobnie mogą odbijać się fale w powietrzu; ściany budynków, skały w dolinie, brzegi gę-

stego lasu odbijają fale w powietrzu i dlatego odbijają głos. W powietrzu fale odbijają się od ścian budynków, od skał, od brzegów jezior, od brzegów rzek, od brzegów dolin, od brzegów gór, od brzegów łąk, od brzegów pól, od brzegów lasów, od brzegów wód, od brzegów powietrza, od brzegów ziemi, od brzegów nieba, od brzegów wszystkiego, co jest w przyrodzie.

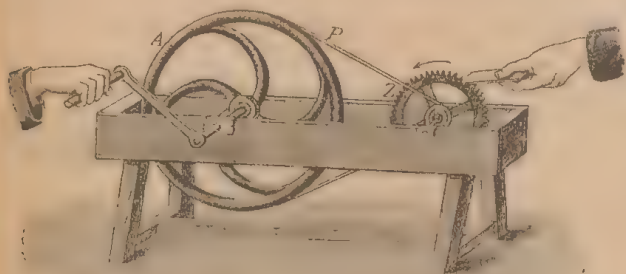
Jeśli uderzymy w powietrze dźwiękiem, to dźwięk przebiega po powietrzu, odbija się od ścian budynków, od skał, od brzegów jezior, od brzegów rzek, od brzegów dolin, od brzegów gór, od brzegów łąk, od brzegów pól, od brzegów lasów, od brzegów wód, od brzegów powietrza, od brzegów ziemi, od brzegów nieba, od brzegów wszystkiego, co jest w przyrodzie. Dźwięk odbija się od ścian budynków, od skał, od brzegów jezior, od brzegów rzek, od brzegów dolin, od brzegów gór, od brzegów łąk, od brzegów pól, od brzegów lasów, od brzegów wód, od brzegów powietrza, od brzegów ziemi, od brzegów nieba, od brzegów wszystkiego, co jest w przyrodzie. Dźwięk odbija się od ścian budynków, od skał, od brzegów jezior, od brzegów rzek, od brzegów dolin, od brzegów gór, od brzegów łąk, od brzegów pól, od brzegów lasów, od brzegów wód, od brzegów powietrza, od brzegów ziemi, od brzegów nieba, od brzegów wszystkiego, co jest w przyrodzie.

§ 68. Głos urwany, głos ciągły.

Jeśli uderzymy laską o podłogę, powstaje głos krótki, urwany, który nazywamy stuknięciem. Przypuśćmy, że stukamy laską raz po raz, np. trzy razy w ciągu każdej sekundy; słyszymy wówczas wyraźnie każde uderzenie z osobna. Próbujmy teraz stukać coraz prędzej; wówczas jest nieco trudniej pochwycić każde uderzenie z osobna. Poręczę na moście lub na schodach składają się często z gęstego szeregu prętów żelaznych; biegnijmy wzdłuż takiej poręczy i prowadźmy po niej koniec naszej laski. Uderzenia następują tak szybko po sobie, że nie odróżniamy już każdego z osobna,

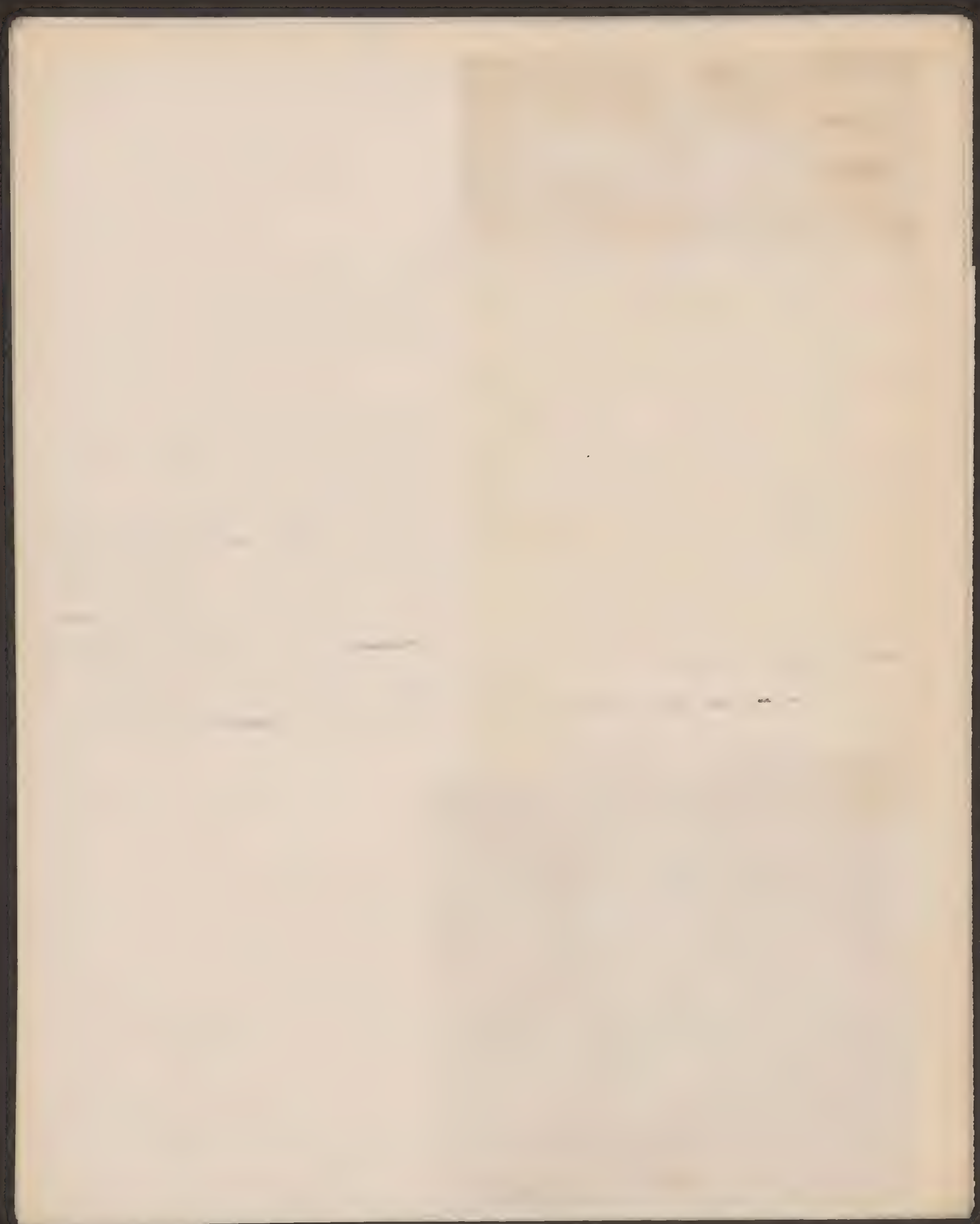
lecz słyszymy głos ciągły.

Doświadczenie to wykonamy lepiej przy pomocy koła zębatego Z (rys. 85.); można obracać je bardzo prędko, poruszając koło



Rys. 85.

A, które przenosi ruch na koło Z przy pomocy pasa P. Przyłożymy metalową blaszkę lub kartę tektury do zębów koła Z;



85

36

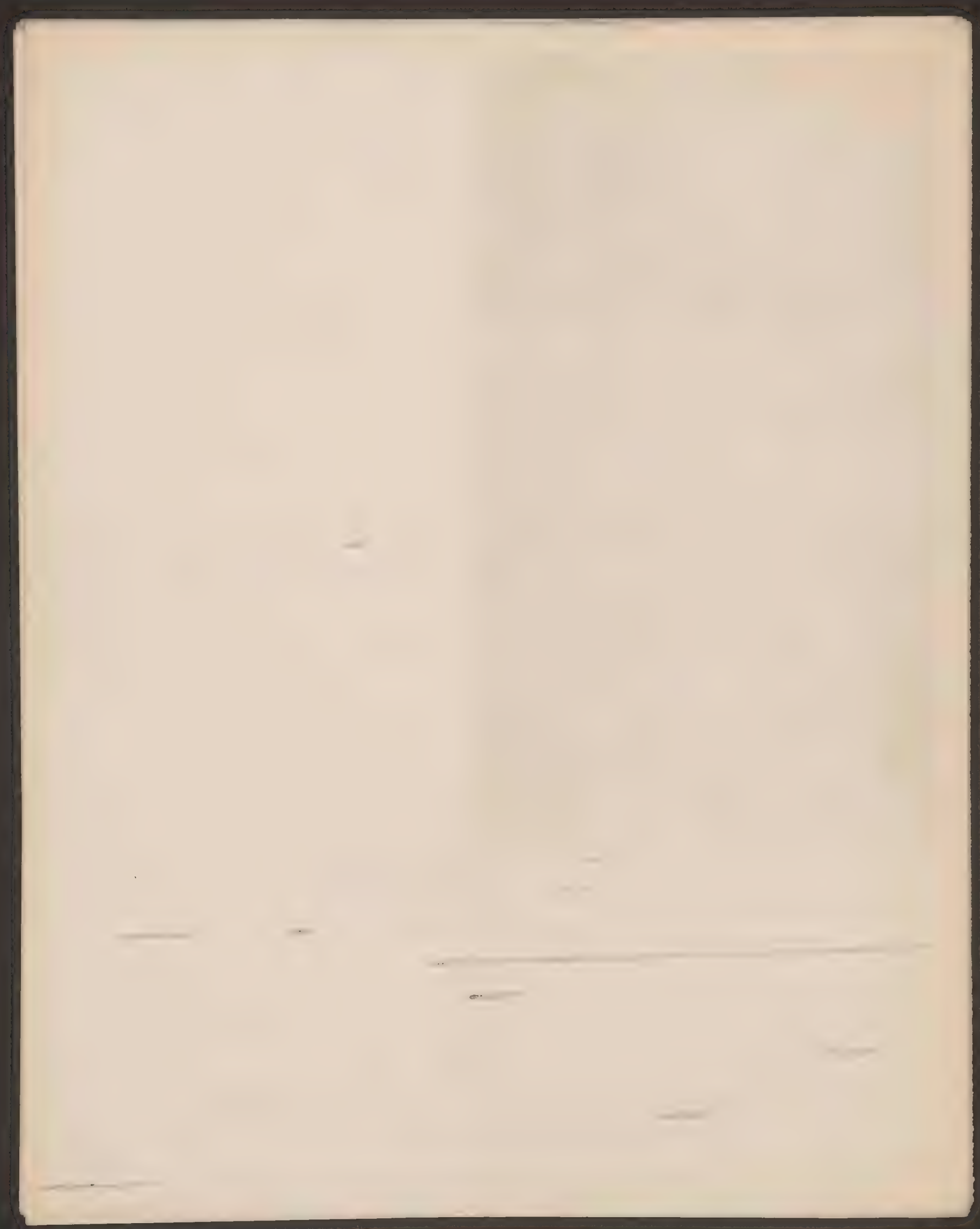
1 je d'arr

L. . .

T wyżej ~~do~~ dymki wysokie

L Hingki zai urzki na gr. 6,

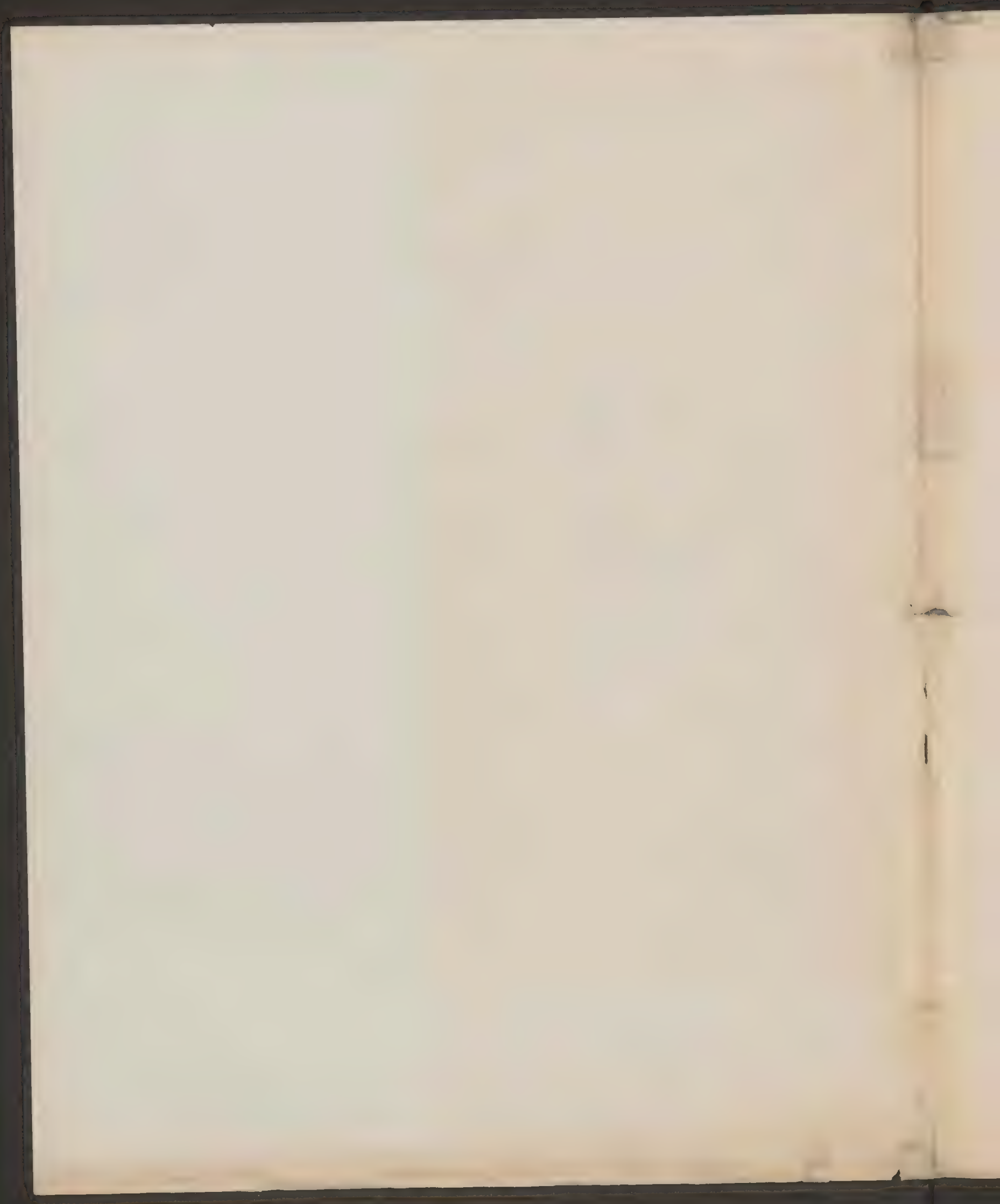
[illegible]







Rordria⁵ IV



ROZDZIAŁ CZWARTY.

O cieple.

§ 70. Ciała zimne, ciała gorące.

Gdy włożymy rękę w śnieg, czujemy zimno; gdy trzymamy ją nad płomieniem, czujemy gorąco. Jeżeli włożymy kawałek żelaza w śnieg albo w płomień, możemy być pewni, że żelazo doznaje tam także pewnego działania, albowiem ulega pewnym zmianom, nabiera nowych własności; np. w płomieniu staje się samo gorące, poczyną być czerwone lub białe, wreszcie świeci w ciemności. Podobnie woda w naczyniu, wstawiona do płomienia, staje się gorąca a kiedy stanie się bardzo gorąca, zaczyna się gotować czyli *wrzeć*. Stając się przeciwnie bardzo zimną, woda *zamarza* t. j. zamienia się w lód. Wosk ogrzewany topi się; papier ogrzewany zwęgla się lub też się zapala. A zatem ciała *działają* na nas wrażenie zimna lub gorąca *nie tylko na nas*, lecz też i na inne ciała, mianowicie oziębiają je, ogrzewają je i sprawiają w nich zmiany rozmaite.

Poznajmy dokładniej, w jaki sposób ciała gorące ogrzewają. Nalejmy do szklanki chłodnej wody i włożmy do niej gorący kawałek żelaza; po chwili woda jest letnia lub ciepła, lecz i ~~kawałek~~ żelazo jest także letnie lub ciepłe; a zatem woda się ogrzała, lecz żelazo ostygło. Podobnie świeca napalony ostygła powoli w pokoju a jednocześnie powietrze w pokoju ogrzewa się. *Ciała gorące, ogrzewając inne ciała, same stygną.* Dlaczego nie widzimy, aby płomień ostygł, gdy grzeje? ponieważ w płomieniu palą się coraz nowe ilości płonącego ciała (dlatego świeca i nafta w lampie się wypala), przez co w płomieniu tworzy się coraz nowe gorąco. Podobnie ciała zimne, oziębiając, ogrzewają się same. Jeżeli wlejemy wosk roztopiony do wody lodowatej, zobaczymy, że woda oziębia go bardzo znacznie (tak, iż wosk krzepnie natychmiast) ale sama staje się przytem mniej zimna.

§ 71. Ciepło.

Ogrzewajmy płomieniem wodę lodowatą, do której włożyliśmy rękę. Woda staje się stopniowo coraz mniej zimna; po jakimś czasie nie wydaje się już zimna, ale jeszcze nie jest gorąca; później zaczyna być letnia, ~~jest~~ ciepła, nareszcie ~~jest~~ gorąca. *Wtedy* widzimy, że *zimno* nie jest czemś różnem i odrębnem od *gorąca*. Woda, która ma ~~bardzo~~ mało ciepła ~~w sobie~~, jest zimna; woda, która ma ~~bardzo~~ dużo ciepła, jest gorąca. *Przez doprowadzanie ciepła (z płomienia) zamieniliśmy wodę bardzo zimną na mniej zimną. Kiedy doprowadziliśmy jej dość ciepła, wydała się obojętną dla ręki t. j. ani zimną, ani gorącą; wówczas woda była równie ciepła jak ręka. Kiedy doprowadziliśmy jeszcze więcej ciepła, woda była cieplejsza od ręki i wydawała się gorącą. Zatem np. chłodna woda wydaje się chłodną dlatego, że jest mniej ciepła od ręki.*

37.

100

↑ jak ciepło, albo powolnie,

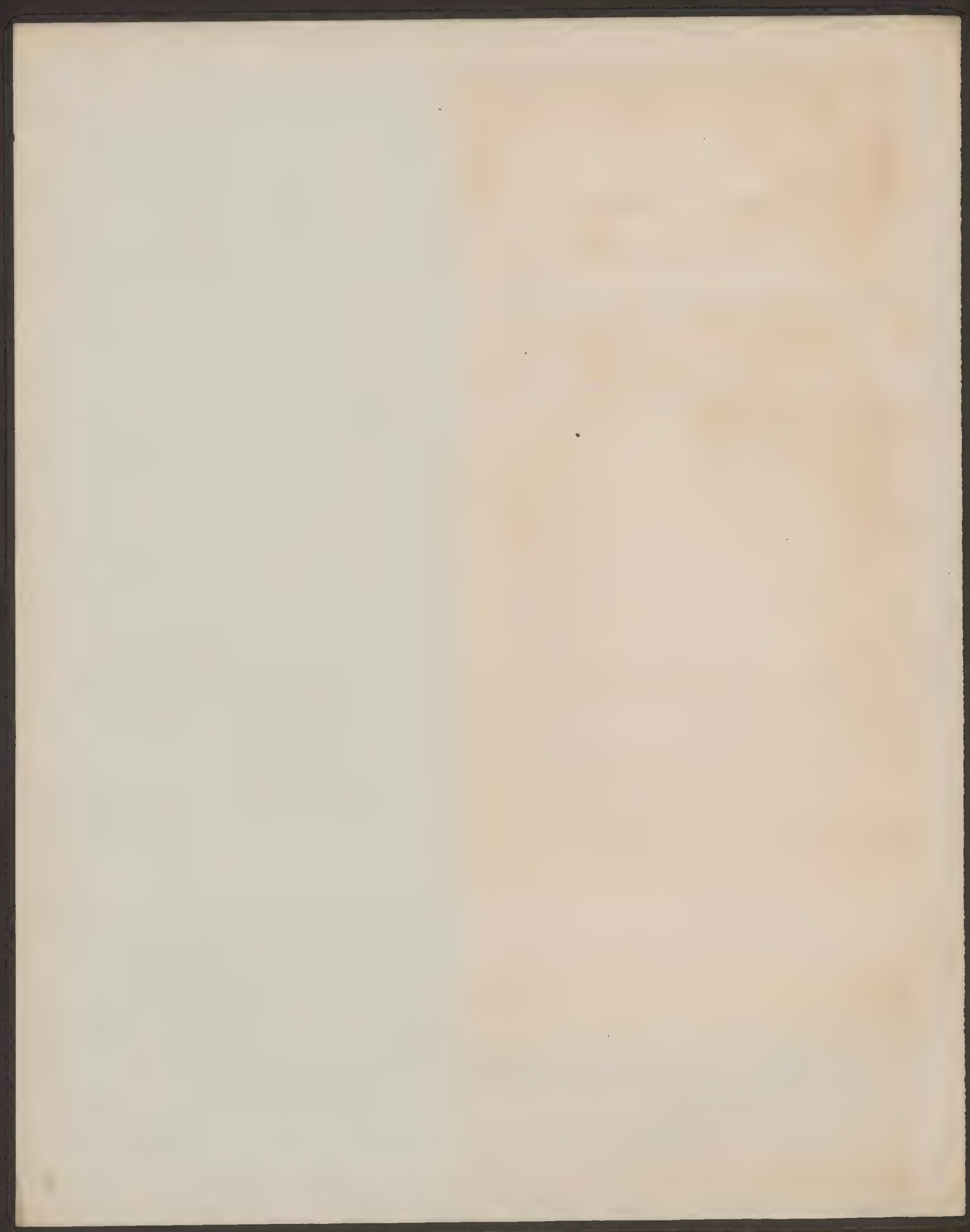
↑ inne ciała.

↑, podobnie,

↑ w sobie

↑ ręce

|| A cap.



88
104

Istotnie: potrzymajmy rękę najprzód w wodzie lodowatej a zobaczymy, że tasama woda, która wydawała się chłodną, sprawi teraz wrażenie cieplej. Przeciwnie, potrzymajmy rękę najprzód w wodzie gorącej a przekonamy się, że tasama woda wyda się zimną. Nie należy więc wogóle mówić, że jakieś ciało jest zimne lub że jest gorące; lecz raczej, że jest *mniej ciepłe lub bardziej ciepłe* np. *od ręki*.

Zróbmy następujące *porównanie*. Uważajmy wysokość różnych przedmiotów w pokoju. Mówi się o przedmiotach, umieszczonych niedaleko sufitu, że *wysoko*; o przedmiotach zaś, leżących *na podłodze*, mówi się, że położone są *nizko*. Nie jest to ścisły

znajdują się blisko

prosto wyrażania się. Słowo "wysoko" jest używane dla nas, "wysoko", (zaś jednocześnie) dla kogoś, kto stoi wyżej, położony jest "nisko". Zatem ścisłej byłoby mówić, że niektóre przedmioty w pokoju są położone wyżej od nas (np. od ręki naszej) a inne niżej.

~~nie~~ są położone *niżej*. Podobnie nieściśle jest mówić, że jedno ciało są *gorące* a inne są *zimne*; należy mówić, że pierwsze są *bardziej ciepłe* a drugie *mniej ciepłe* od naszego ciała, np. od ręki lub czoła.

§ 72. O temperaturze.

Jeszcze lepiej byłoby powiedzieć w poprzedzającym przykładzie, że każdy przedmiot ma pewne *wzniesienie*. Lampa, wisząca u sufitu, jest bardziej wzniesiona, niż jeśli stoi na stole; piłka, rzucona do góry, jest bardziej wzniesiona, niż kiedy leży na podłodze. Podobnie mówimy, że każde ciało ma pewną *temperaturę*. Ciała gorące mają temperaturę *wyższą*, niż ciała (*dla ręki obojętnej*); ciała zimne mają temperaturę *niższą*. A zatem możemy tak opowiedzieć zachowanie się gorącego żelaza wobec wody chłodnej (§ 70.): temperatura żelaza (*z początku była*) wyższa niż temperatura wody; po włożeniu żelaza do wody temperatura żelaza poczęła się obniżać, temperatura wody poczęła się podnosić i po pewnym czasie temperatury tych ciał stały się jednakowe, *wyrównały się*. Powiadamy: ciała, mające temperaturę wyższą, udzielają ciepła ciałom, mającym temperaturę niższą; przez to temperatura pierwszych się obniża, drugich się podnosi; gdy zaś ciała mają temperatury jednakowe, ani nie udzielają sobie ani nie odbierają sobie ciepła nawzajem. A zatem *temperatura pewnego ciała jest to własność tego ciała, wskazująca, czy ono innym ciałom ciepła udziela, czy je odbiera, czy też narazie ani udziela ani odbiera* wobec innych ciał zachowuje się obojętnie, nie udziela i nie odbiera im ciepła.

od nich

§ 73. Zero temperatur.

Możemy nie tylko to stwierdzić, że jedno ciało w pokoju mają wzniesienie większe, niż inne; możemy *zmierzyć* wzniesienie każdego ciała w pokoju. Żeby mierzyć wzniesienia, należy zgodzić się na to, od jakiego poziomu mamy je liczyć. Lampa, wzniesiona o metr nad poziom stołu, może być wzniesiona o dwa metry nad poziom podłogi a jednocześnie o sześć metrów np. nad poziom ulicy; zatem podanie samego tylko wzniesienia, bez podania poziomu, od którego je liczymy, nie miałoby określonego znaczenia. Podobnie można nie tylko to stwierdzić, że temperatury jednych ciał są wyższe, niż innych, można jeszcze *temperatury te mierzyć*; lecz trzeba powiedzieć, od jakiego poziomu mamy rachować temperatury.





od ich temperatury. Masa ciała nie zależy od temperatury: ciała gorące i zimne

dają na ziemię równie prędko, jak zimne (por. § 26.); uderzenie młotem rozgrzanym nie sprawia skutku ani większego ani mniejszego, niż uderzenie młotem o (zwykłej temperaturze).

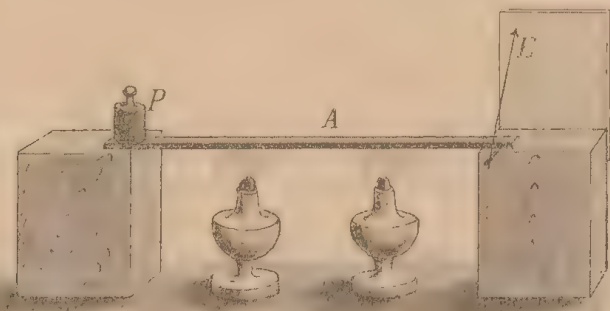
§ 76. Objętość zależy od temperatury.

Na deseczce drewnianej położmy mosiężną lub miedzianą sztabkę i wbijmy u jej końców dwa gwoździe tak, żeby zaledwie można było przesunąć sztabkę pomiędzy tymi gwoździami. Ogrzejmy



Rys. 87.

teraz sztabkę w płomieniu lampy a zobaczymy, że stała się ona dłuższa, bo nie przechodzi między tymisamymi gwoździami. Podobnie możemy się przekonać, że nie tylko długość, lecz również szerokość i grubość sztabki zwiększa się wskutek ogrzewania. Weźmy pierścień *P* (rys. 87.), nieco większy od kuli metalowej *K*; rozgrzawszy kulę, nie możemy z żadnej strony przeciągnąć przez nią pierścienia. A zatem ciała rozszerzają się wskutek ogrzewania we wszystkich kierunkach; wskutek ogrzewania objętość ciał się powiększa. Zbudujmy przyrząd, przedstawiony na rys. 88. Płaską sztabkę żelazną lub miedzianą *A* przyciskamy na



Rys. 88.

jednym końcu ciężarem *P*; pod drugi jej koniec podkładamy igłę tak, ażeby leżała wpoprzek sztabki i przyklepamy lekką wskazówkę *E* do uszka tej igły. Sztabka ogrzewana rozszerza się więc porusza igłę i odchyła wskazówkę *E*. Przypuśćmy, że przed zapaleniem płomienia wskazówka stała pionowo; po zapaleniu zaczyna się zaraz odchylać, lecz po zgaszeniu zawraca i przybiera napowrót położenie pionowe. Widzimy więc, że ciała, które rozszerzyły się wskutek ogrzania, kurczą się napowrót, gdy ostygają. Gdy temperatura podnosi się, objętość się zwiększa, ale zmniejsza się napowrót, gdy temperatura się zniża i staje się taką, jaką była pierwotnie, gdy temperatura wraca do wysokości pierwotnej. Objętość każdego ciała zależy więc od jego temperatury.

Na walec żelazny nieco stożkowaty (rys. 89.) gruba obręcz żelazna *A* nie wchodzi, dopóki jest zimna; rozgrzejmy ją do czerwoności a zobaczymy, że wchodzi. Wbijmy ją na walec, dopóki jest gorąca; stygnąc i kurcząc się, obręcz ściska walec tak mocno, że niebawem pęka. Z podobnych powodów druty telegraficzne zwisają podczas lata a prostują się w zimie. Szyny kolejowe, położone zimą, wykrzywiałyby się podczas lata, gdyby nie zostawiano przerwy pomiędzy jedną a drugą (zwykle około $\frac{1}{2}$ cm) ażeby temu zapobiedz. Mostów żelaznych nigdy nie



Rys. 89.

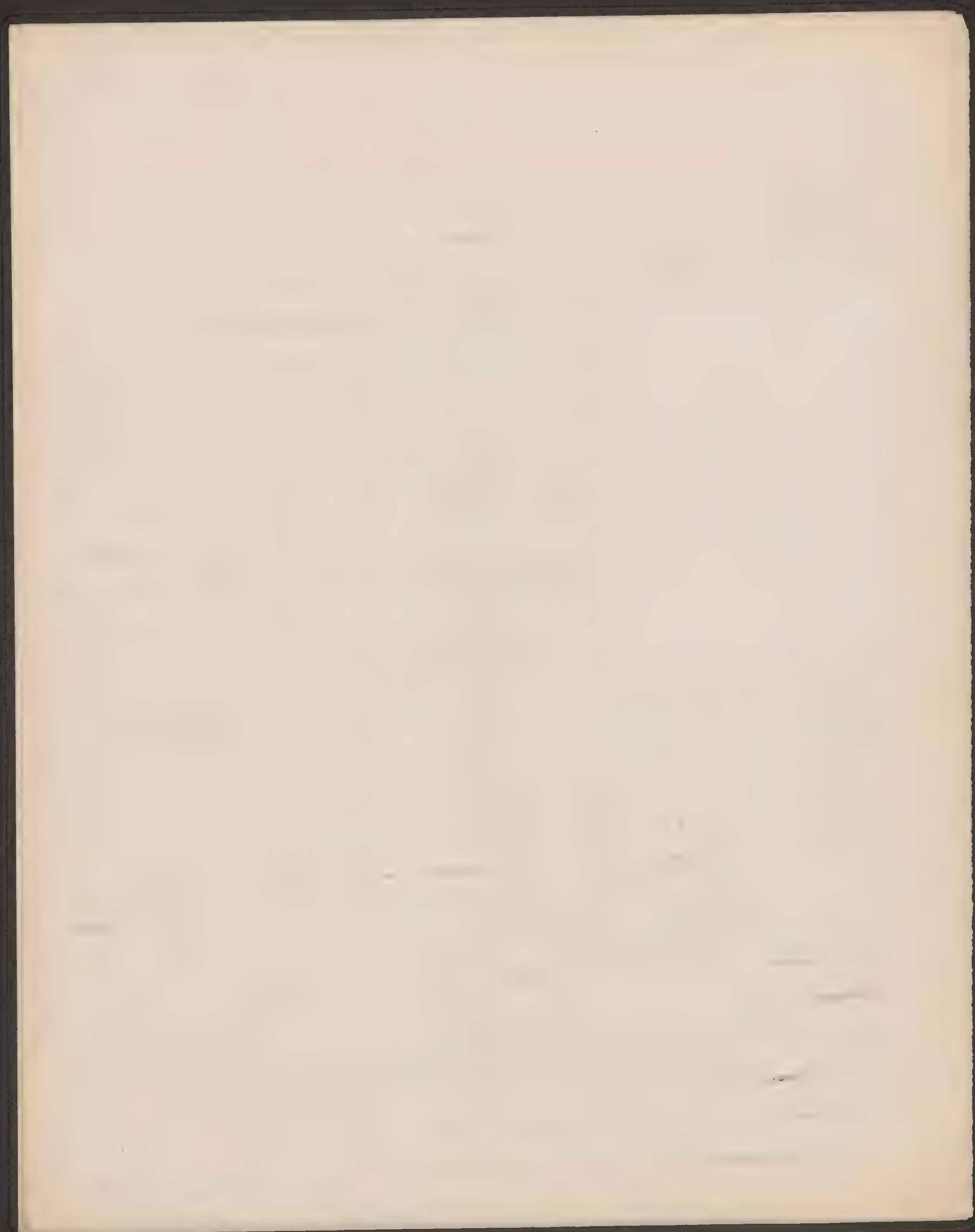
przymocowuje się w zupełności do podłoża, na którym się znajduje; leżą one swobodnie, rozszerzają się w lato i kurczą się w zimę.

53 P A 12 12

Tylko walec kurczy się

Γ pomiędzy każdymi dwiema sąsiadującymi szynami





Ciepło ma dwojakie; ~~temperatura~~ post. szklany w tysiącach warunkach rozszerza się tylko o $\frac{9}{10000}$ części, ciepła tylko o $\frac{5}{10000}$ części swej pierwotnej objętości. Wierzymy więc, że metale rozszerzają się z taką samą, (niez inną częścią) skutkiem ogrzania. Dlatego też w piecach, w paleniskach i t. p., rurki, łożyska i wszystkie części metalowe powinny mieć swobodę rozszerzania się; jeżeli nie mają, mogą się i kruszyć, albo też być uszkodzone doprowadzając do upadku.

§ 77. Rozszerzanie się cieczy.

Weźmy dość spory balon szklany o długiej i cienkiej szyjce i wypełnijmy go alkoholem; żeby widzieć ciecz wyraźnie, można ją zabarwić. Wstawmy balon (rys. 90.) do wody gorącej, pilnie zważając na poziom alkoholu w szyjce balonu. Zobaczymy, że w pierwszej chwili poziom alkoholu nieco opada, potem zatrzymuje się i poczynają iść w górę. Czyż alkohol kurczył się pod pierwszym działaniem ciepła? Bynajmniej. Zanim alkohol zaczął się ogrzewać, musiał ogrzać się przedtem balon szklany, który był wystawiony przedewszystkiem na działanie ciepła. Balon zaś, ogrzewając się, rozszerzał się, więc stawał się większym, pojemniejszym; dlatego alkohol musiał opadać. Później, gdy sam alkohol zaczął się ogrzewać, rozszerzył się i powetował z nadwyżką rozszerzenie się balonu. A zatem widzimy, że alkohol rozszerza się, gdy temperatura się podnosi; podobnie zachowują się i inne ciecze. Widzimy powtórnie, że ciepło po pewnym czasie dopiero zdołało przeniknąć przez szkło do alkoholu. Zatem, gdy alkohol w szyjce balonu idzie do góry, przyrost objętości, jaki spostrzegamy, równa się rzeczywistemu rozszerzeniu się alkoholu, zmniejszonemu o rozszerzenie się szklanego balonu. Trzeba więc dodać rozszerzenie się balonu do spostrzeżonego przyrostu objętości, ażeby znaleźć rzeczywiste rozszerzenie się cieczy.



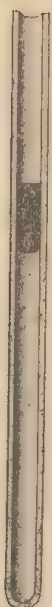
Rys. 90.

Przypuśćmy np., że mamy 100 cm^3 wody o temperaturze 0 stopni (§ 73.). Tażsama ilość wody w temperaturze 100 stopni zajmie objętość 104 cm^3 . Gdybyśmy mogli ogrzać wodę, ogołoconą z wszelkiego naczynia, przyrost jej objętości wyniósłby 4 części na 100 pomiędzy temperaturami 0 i 100. Gdybyśmy teraz w temperaturze 100 chcieli ścisnąć napowrót wodę do pierwotnej objętości 100 cm^3 , musielibyśmy wyrzucić na nią olbrzymie ciśnienie; albowiem, jak wiemy (§ 35.), woda jest nadzwyczaj mało ściśliwa. Wystawmy sobie, żeśmy wywarli takie olbrzymie ciśnienie i ścisnęli wodę ze 104 do 100 cm^3 ; wówczas woda ściśnięta wywiera nawzajem równie olbrzymie ciśnienie na tłok i ściany naczynia. Gdybyśmy w temperaturze 0 zamknęli wodę szczelnie w naczyniu (np. gdybyśmy zalutowali rurkę balonu, wypełnionego wodą) i później ogrzewali naczynie, wówczas musiałoby ono pęknąć; albowiem nie byłoby zdolne wytrzymać ciśnienia, jakie sprawia woda, której rozszerzaniu się próbujemy zapobiedz. Zupełnie podobne rozumowanie moglibyśmy zastosować do rozszerzania się ciał stałych, np. do przypadku stali żelaznej, którą ogrzewamy; — — — — — w rzeczywistości jest jeszcze nieporównanie trudniej ściśliwe, niż woda. Aby zapobiec rozszerzaniu się stali ogrzewanej stali lub kurczeniu się ochładzanej stali, musielibyśmy na nią ciśnienia ogromne; to nam również (zgodnie)



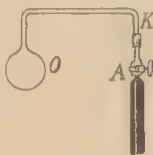
nadmiernej, rozciągnięte szkło, zamykając je w sposób, który nie pozwala na jego cofnięcie, a który pozwala na jego przesunięcie.

§ 78. Rozszerzanie się gazów.



Rys. 91. Gazy pod działaniem ciepła rozszerzają się bardziej niż ciecze. Weźmy np. rurkę szklaną, z jednej strony zamkniętą (rys. 91.); wprowadźmy do niej kroplę rtęci, zanurzymy rurkę do topiącego się lodu i ustawmy kroplę tak, ażeby była odległa o 10 cm od zamkniętego końca naszej rurki. (Możemy bez trudności posuwać kroplę naprzód i wstecz, jeśli przy pomocy cieniutkiej rureczki lub drucika pozwolimy powietrzu rurki wychodzić i wchodzić). Przenieśmy teraz rurkę do gotującej się wody. Powietrze, zawarte w rurce, zaczyna się natychmiast rozszerzać, kropla posuwa się w rurce i zatrzymuje się w odległości 13.7 cm od zamkniętego końca. Powtórzmy teraz to samo doświadczenie w taki sposób, ażeby kropla w topiącym się lodzie była odległa o 20 cm od końca rurki; wówczas w gotującej się wodzie zatrzyma się ona w odległości 27.4 cm od końca. Pamiętajmy, że tu na kroplę od strony zewnętrznej działało ciągle atmosferyczne ciśnienie; gdy kropla zatrzymywała się w pewnym miejscu, był to więc znak, że powietrze wewnętrzne wywierało także atmosferyczne ciśnienie. Powiadamy zatem: gdy ogrzewamy gaz i pozwalamy mu rozszerzać się swobodnie tak, ażeby ciśnienie jego ostatecznie nie ulegało zmianie, wówczas objętość gazu się powiększa, mianowicie z każdego centymetra sześciennego gazu w temperaturze zera 1.37 cm^3 w temperaturze stu stopni.

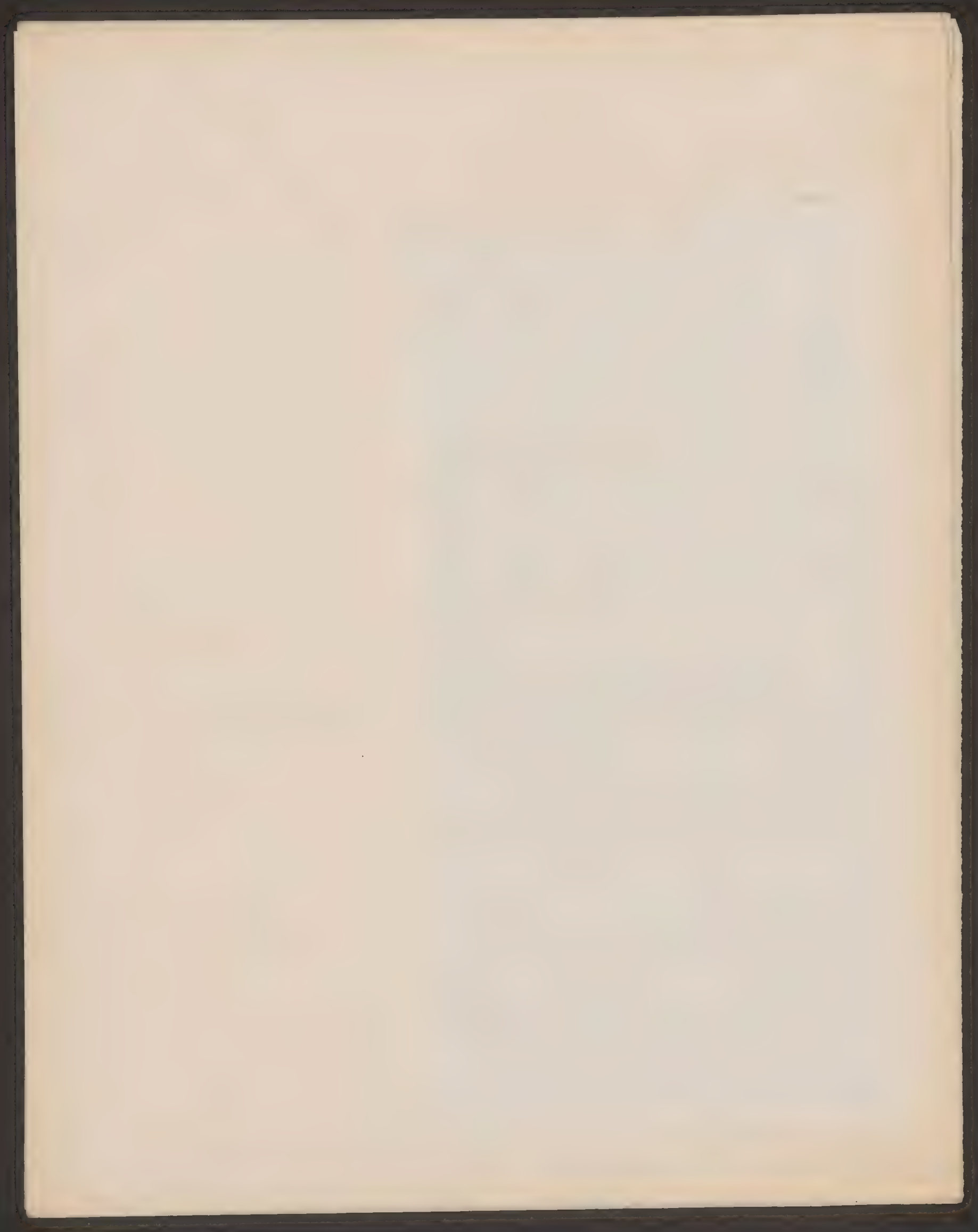
Przypuśćmy teraz, że w tej temperaturze stu stopni chcemy ścisnąć każdy 1.37 cm^3 napowrót do objętości 1 cm^3 . W tym celu musimy wyrzucić na gaz ciśnienie, większe 1.37 razy od obecnego, t. j. ciśnienie 1.37 atmosfery (§ 49.); nawzajem też powietrze, po doprowadzeniu do pierwotnej swej objętości, będzie wywierało także ciśnienie 1.37 atmosfery na swoje otoczenie. Jeśli pewna ilość powietrza w pewnej objętości w temperaturze zera wywierała ciśnienie 1 atmosfery, wówczas w tej samej objętości i w temperaturze stu stopni wywiera ciśnienie 1.37 atmosfery. Możemy to sprawdzić zapomocą balonu szklanego O (rys. 92.), którego koniec K łączymy z lewym ramieniem przyrządu, rys. 59., § 46. Wstawmy balon raz do topiącego się lodu, drugi raz do gotującej się wody i podnośmy przytem prawe ramie przyrządu do góry tak, ażeby w obu razach poziom rtęci w lewym ramieniu stał tuż pod kurkiem. Gdy tak postąpimy, przekonamy się, że ciśnienie powietrza w gotującej się wodzie jest 1.37 razy większe, niż w topiącym się lodzie. Np., jeśli w temperaturze zera obadwa poziomy stały jednakowo wysoko, wówczas w temperaturze stu stopni prawy poziom będzie stał wyżej od lewego o 28 blisko centymetrów, bo $76 \times 0.37 = 28$ mniej więcej. *Moglibyśmy też*

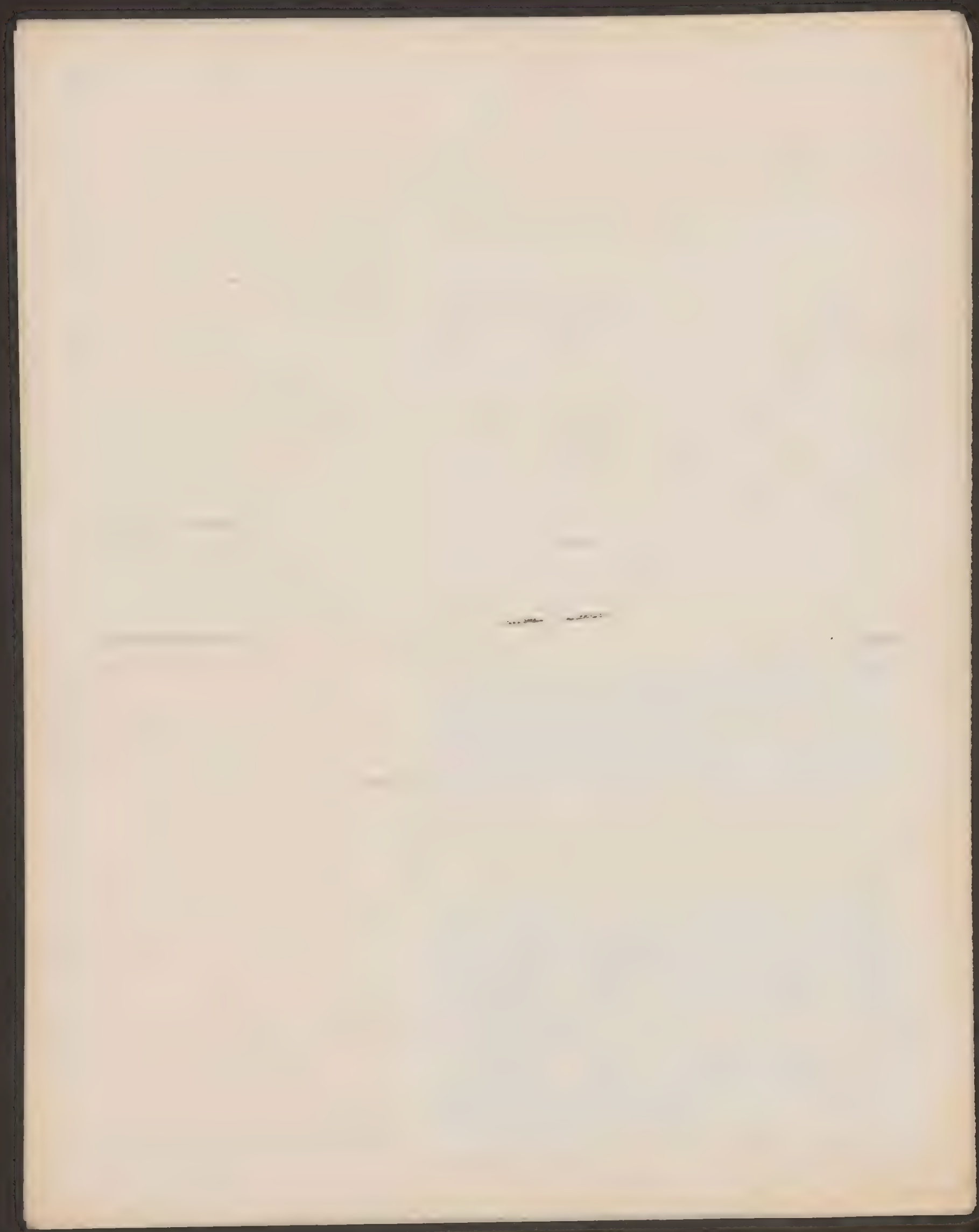


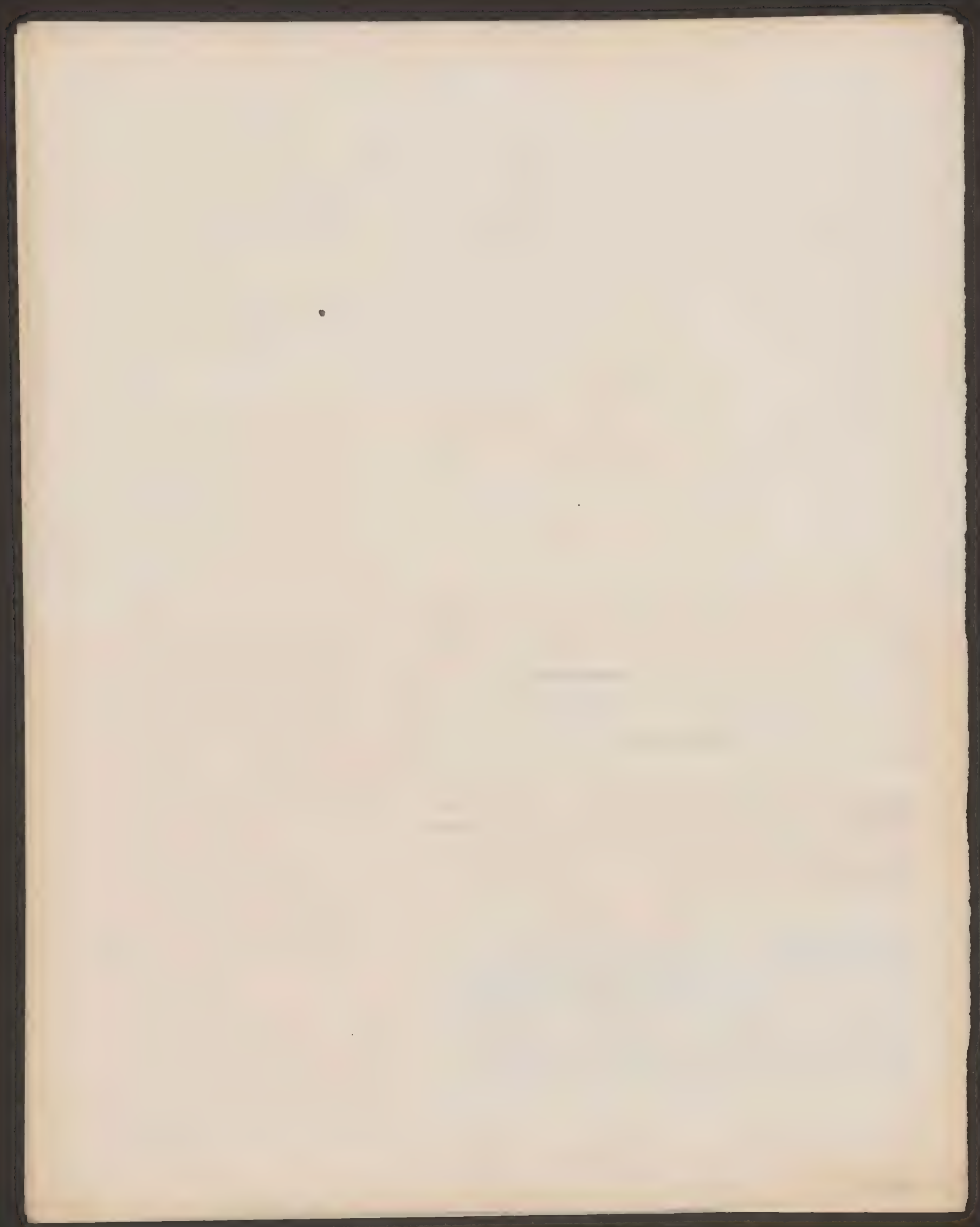
Rys. 92.

w tym samym przyrządzie prowadzić doświadczenie tak, ażeby ciśnienie powietrza, zamkniętego w kulce O, pozostawało stałe; lecz wówczas objętość tego powietrza musiałaby się zmniejszać.

↓ otrzymujemy







Z powyższego widzimy, że ~~wszelki~~ termometr wskazuje, właściwie mówiąc, taką temperaturę, jaką ma w danej chwili jego ciało termometryczne. Gdy np. czytamy temperaturę na termometrze rtęciowym, wiemy, że jest to temperatura rtęci, w nim zawartej. Lecz ciała sąsiadujące udzielają sobie ciepła, dopóki temperatury ich nie staną się dokładnie jednakowe; zatem ~~każdy~~ termometr przyjmuje po pewnym czasie temperaturę swego otoczenia. Zanurzony np. w wodzie, wystawiony na powietrze, trzymany w dłoni, termometr wskaże po jakimś czasie temperaturę wody, powietrza lub dłoni.

Niekiedy wskazuje termometr temperaturę w tym celu, aby wskazywał temperaturę ciała, które ma, chociaż, ~~każdy~~ (różnej rzeczy) wskazywał.

W najwyższej temperaturze, jaką przybrał w ciągu swojego istnienia, czyli tzw. maksymalno termometru.

Stwierdzenie temperatury ciała człowieka lekarz dokonywał.

Na przykład a ręką znajdują się w cieple i zwiększeniu; rękę

nieznacznie się, niechcąc, może to zwiększenie, kierując się statem

nie jest nie przechodzi, ~~każdy~~ (nie zmienia) (zwiększa) pozostaje w rękę i wskazuje tym sposobem

temperaturę (temperaturę najwyższą), do której się podnosi. Lekarem

a nagłym uderzeniem można ją napowrót wprowadzić do

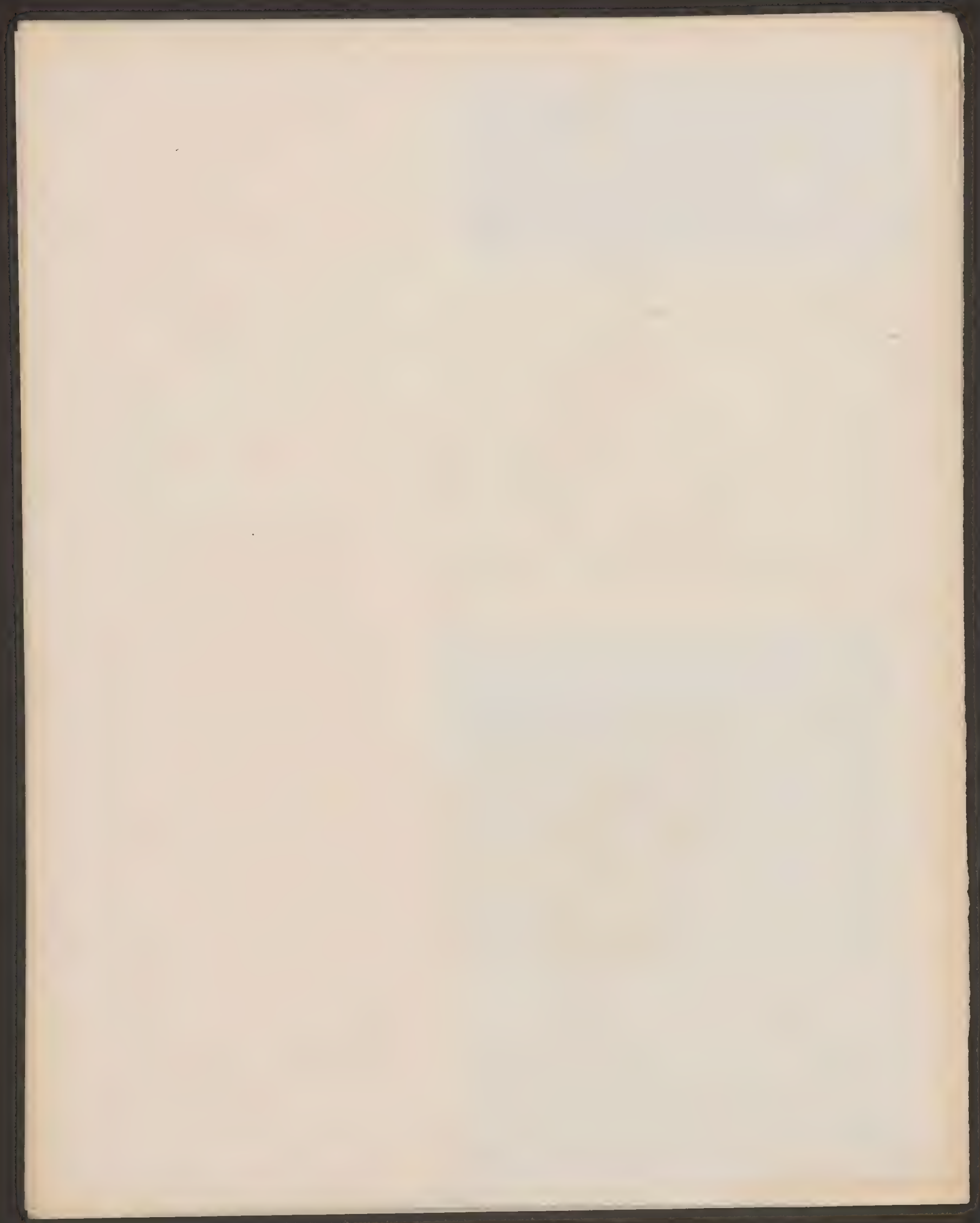
normalną.

§ 80. O temperaturze ciał w pokoju.

Mając termometr, przekonajmy się, jakie są temperatury ciał, które nas otaczają. W pokojach mieszkalnych powietrze miewa zazwyczaj od 15° do 20°. Temperatura ciała człowieka wynosi mniej więcej od 30° (na dłoni) do 36° w stanie zdrowia, u gorączkującego człowieka podnosi się niekiedy aż do 41°. Pokarmy wydają nam się gorące, gdy mają około 60°, letnie — około 40°.

Przypuśćmy, że na stole znajdują się następujące ciała: kawałek żelaza, miseczka pełna rtęci, klocek drewniany, materya wełniana, nieco puchu. Dotykając tych ciał po kolei ręką, czujemy, że żelazo i rtęć wydają się bardzo zimne, drzewo nieco chłodne, wełna zaś i puch stosunkowo ciepłe. Jeżeli te ciała mają rzeczywiście temperatury niejednakowe, powinny dojść po jakimś czasie do temperatur jednakowych, jak wszelkie ciała sąsiadujące ze sobą. Pozostawmy je więc przez czas dłuższy w sąsiedztwie lub nawet w zetknięciu wzajemnem. Po upływie tego czasu zbadajmy je termometrem; termometr okazuje, że istotnie temperatura tych ciał jest jednakowa. Powtórzmy próbę ręką: żelazo i rtęć wydają się znowu zimne, drzewo — nieco chłodne, wełna i puch wydają się stosunkowo ciepłe. Włóżmy teraz żelazo, rtęć, drzewo, wełnę, puch i termometr do piecyka; gdy się dobrze ogrzeją, znów badajmy je ręką. Teraz, wprost ~~odwrotnie~~, żelazo i rtęć wydają się bardzo gorące, drzewo sprawia wrażenie umiarkowanego gorąca, wełna i puch wydają się najmniej ogrzane. Cóż się tu dzieje? W pierwszym razie, gdy leżały na stole, wszystkie ciała (żelazo, rtęć, drzewo, wełna i puch) miały temperaturę jednakową, lecz niższą niż temperatura ręki; miały one temperaturę pokojową, a ręka ma temperaturę o 10° do 15° wyższą. W drugim razie miały one temperaturę także jednakową, lecz wyższą niż temperatura ręki. A zatem w pierwszym razie ręka się oziębiała, dotykając tych ciał; w drugim

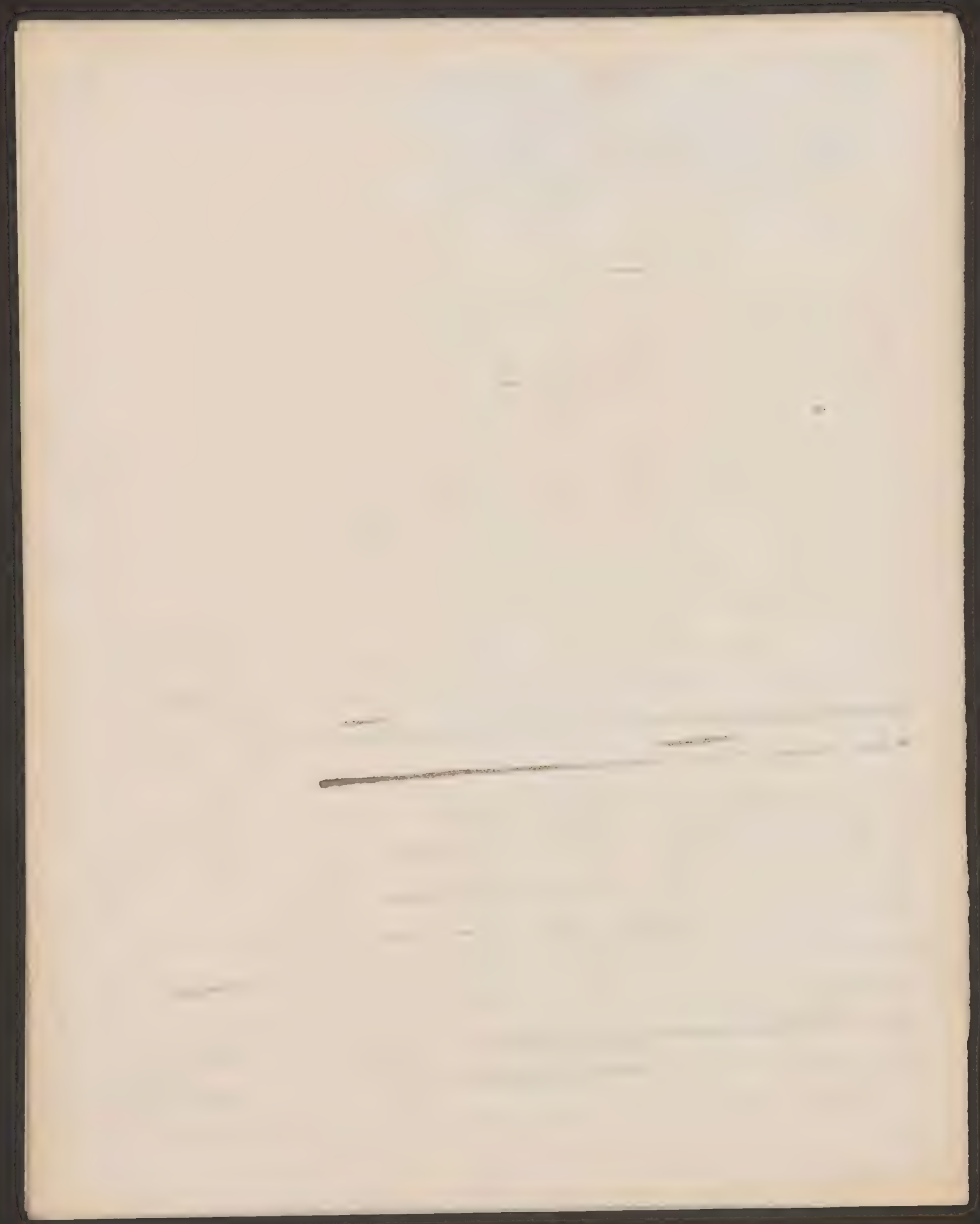
T przeciwnie



razie, dotykając ich, ogrzewała się. Widocznie ręka *łatwiej, prędzej* przejmuje temperaturę żelaza i rtęci, niż temperaturę wełny i puchu; gdy są zimniejsze, żelazo i rtęć prędzej ją chłodzą, niż wełna i puch; gdy są cieplejsze, żelazo i rtęć prędzej ją ogrzewają.

§ 81. Jak prędko w różnych ciałach wyrównywa się temperatura.

[illegible]



... woda ... szczyt ... woda ...
porowate i włókniste; wełna, kółno, filc, azbest, puch, waty, liny należą do najlepszych przewodników.

Łódź, owinięty w szmaty, otoczony puchem lub włóknami, topi się bardzo powoli nawet w ciepłym pokoju. Położywszy nieco azbestu luźno na dłoni, można umieścić na azbestie (niezbyt ciężką) kulę żelazną, rozgrzaną do czerwoności i przez pewien czas trzymać ją bezkarnie. Dlatego ochrania się od mrozów futrami, dlatego okrywamy w zimie sukrem klamki, poręcze i inne metalowe przedmioty, które są wystawione na zimno i których musimy dotykać.

§ 82. Temperatury, wyższe od 100° i niższe od 0° .

W wodzie wrzącej termometr pokazuje 100° . Ale są ciała, mające jeszcze wyższe temperatury; żelazo np. rozgrzane do czerwoności ma wyższą temperaturę. Podzielmy rurkę termometru (§ 79.) i po nad poziomem » 100° « na takiesame części równej objętości, jakie mieliśmy pomiędzy zerem a stu; to będą stopnie wyższe od 100° , więc 101° , 102° i t. d. Postąpmy zupełnie podobnie pod poziomem »zero«. Termometr pokazuje 0° w topiącym się lodzie; ale są ciała, mające jeszcze niższe temperatury: mieszanina śniegu z solą kuchenną okazuje niższą temperaturę, podobnie powietrze podczas mrozów zimowych. Podzielmy więc rurkę termometru i pod zerem na takiesame części, jakie mieliśmy pomiędzy zerem a stu; będą to stopnie oczywiście *ujemne*: -1° , -2° , -3° i t. d. Zero naszej skali nie jest więc bynajmniej najniższą możliwą temperaturą, lecz jest pewną, dowolnie obraną temperaturą; niższe od niej temperatury nazywamy ujemnymi podobnie, jak liczby mniejsze od zera nazywamy ujemnymi. W mieszaninie np. śniegu i soli świeżo przygotowanej znajdujemy do -20° .

↓ znaczenie

↓ w Arytmetyce

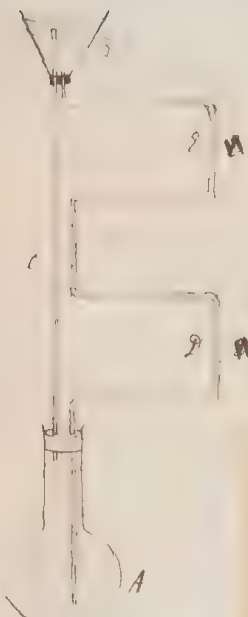
/ iel

§ 83. Gęstość ciał zależy od temperatury.

Weźmy wodę o temperaturze 0° i ogrzejmy ją do 100° . Masa tej wody nie zmieni się (§ 75.), lecz objętość jej się powiększy. Tasama masa wody w temperaturze 100° zajmuje więc objętość większą niż w 0° ; tasama liczba gramów zajmuje więcej centymetrów sześciennych. A zatem w temperaturze 100° zawiera się w jednym centymetrze sześciennym masa mniejsza niż w 0° ; innemi słowy, *gęstość* wody (§ 29.) w 100° jest mniejsza niż w 0° . To samo stosuje się do wszystkich ciał, które rozszerzają się, gdy temperatura ich się podnosi: *gęstość ich jest mniejsza w wyższej niż w niższej temperaturze.*

Więc np. woda gorąca jest mniej gęsta niż zimna, podobnie jak korek jest mniej gęsty niż woda. Nic dziwnego zatem (§ 44.), że woda gorąca pływa po zimnej, jak to spostrzegamy, przygoto-

wymiarze ciepła kiel w wannie. Zbudujmy przyrząd, wyobraźmy sobie ...
*rurki: 0 prosto C i ^{powyginana} ~~prosto~~ DE są całkowicie wypełnione wodą; do lejka B nalewamy wody jak-
kolwiek zabarwionej. Ogrzewając A od dołu, grzejąc, woda ~~z~~ gorąca wstępuje ~~z A~~
prosto do góry drogą C i wypychając wodę zabarwioną z B, zmusza ją do przysunięcia ku dołowi
przez rurkę ED. Na podstawie zasady polega ogrzewanie budynków zapomocą wody gorącej; zbiornik A*



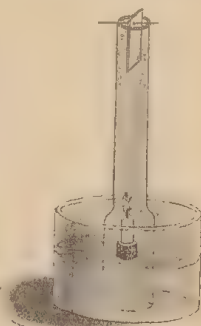
znajduje się np. w piwnicy, B na poddaszu budynku, C zaś i D wyobrażają
próżnię mieszkalną.

Z zupełnie tego samego powodu powietrze ogrzane wypływa na góry, gdy
zimne przostaje u dołu; loter widujemy, że w pokoju, w którym palą
się lampy lub piec silnie grzeje, pod sufitem zbiera się

ogień pod sufitem. Wszelki płomień, jak wiadomo z Chemii, wymaga
ciągłego dopływu powietrza, albowiem zużywa nie tylko materiały
palne (np. drzewo, węgiel, naftę, gaz oświetlający, stearynę), lecz
też i tlen, zawarty w powietrzu. Z drugiej strony płomień wytwa-
rza ciała gazowe, które powstają przez łączenie się materiału pal-
nego z tlenem; ciała te gazowe, będąc gorące, wraz z powietrzem,
ogrzewaniem przez płomień, biegną do góry i tworzą prąd; ~~ten~~ prąd ten

nazywamy dymem, jeśli unoszą się w nim drobne cząstki niespalo-
nego węgla. Zbliźmy płomień lampy lub świecy do obłoku dymu

(np. tytoniowego), wiszącego spokojnie w po-
wietrzu pokoju; będziemy mogli zauważyć do-
kładnie prąd poziomy zimnego powietrza, płynący
ku płomieniowi od wszystkich boków i jedno-
cześnie prąd pionowy gorący, płynący od pło-
mienia po nad jego wierzchołkiem. Umieścimy
świecę na korku, pływającym po wodzie (rys.
94.); zapalmy świecę i wstawmy cylinder szklany
na płomień, jak pokazuje rysunek. Płomień prze-
prąd gorący ku górze, ale nie ma z kądem ciągnąć
dopływu świeżego powietrza; dlatego też po
chwili słabnie i gaśnie. Lecz jeśli powtórzymy doświadczenie, wsta-
wiwszy pionowo w cylinder kawałek tektury, płomień nie zgaśnie,
albowiem jedną stroną cylindra będzie ciągnął świeże powietrze,
drugą zaś będzie parł gazy gorące ku górze. Istotnie: dym tytu-
niowy, wpuszczony po pierwszej stronie cylindra, odhędzie w nim
taką drogę, najprzód na dół a potem do góry. Rozumiemy teraz,
dlaczego »ciągną« kominy i przewody kominowe, idące (wewnątrz
ścian) od pieców i ognisk aż po nad dach budynków.



Rys. 94.

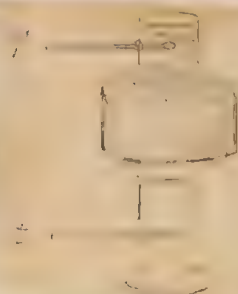
~~W tym celu należy wykonać doświadczenie, w którym należy położyć dla odprawy (lub mechanicznie),
kawałek tektury na wierzchołku cylindra, który będzie się podnosił, gdy płomień będzie się podnosił.~~

§ 84. Określenie grama.

Powiedzieliśmy w § 28., że gramem nazywa się masa, za-
warta w jednym centymetrze sześciennym wody. Widzimy teraz,
że trzeba dodać, jaka ma być temperatura tej wody, albowiem
np. centymetr sześcienny wody gorącej ma mniejszą masę niż
centymetr sześcienny zimnej. Umówiono się, że gramem jest masa,
zawarta w centymetrze sześciennym wody o temperaturze 4° ; ta-
sama temperatura obowiązuje oczywiście w określeniu kilograma
i t. d. Gram wody o temperaturze 100° zajmuje ~~wagę~~ 1.04 cm^3 ;
odwrotnie jeden centymetr sześcienny takiej wody zawiera masę
 0.96 grama; innymi słowy, woda wrząca ma gęstość 0.96 . W tem-

100

113

[illegible][illegible]

Przypuśćmy, że mamy w naczyniu kilogram wody o temperaturze 10° . Potrzymajmy to naczynie nad płomieniem i uważajmy, jak woda ogrzewa się. Po pięciu minutach ma np. 30° ; powiadamy, że przez ten czas pewna ilość ciepła przeszła z płomienia do wody. Potrzymajmy jeszcze pięć minut: temperatura podniesie się do 50° ; z płomienia przeszła więc na wodę druga





0.49 kalorii, ogrzewając ją o 1 stopień. W podobny sposób można dojść, że np. kilogram alkoholu pochodzący 0.60 kalorii, ogrzewając ją o 1 stopień, kilogram zelaza — nieco więcej niż 0.10, kilogram miedzi nieco mniej niż 0.10 kalorii; kilogram rtęci nieco więcej niż 0.03 kal. W przeciwnym kierunku potrzeba więc około 30 razy więcej ciepła, aby ogrzać wodę, niż, aby ogrzać rtęć.

§ 87. Punkt topliwości.

Nalejmy nieco wody do szklanki; przypuśćmy, że temperatura wody wynosi 15° . Możemy łatwo obniżyć temperaturę wody; wstawiając ją np. do mieszaniny śniegu i soli (§ 82.) i ciągle mieszając, możemy doprowadzić temperaturę do 10° , do 5° i nareszcie do 0° . Ale np. do -10° nie możemy doprowadzić wody, albowiem w temperaturze 0° woda zamarza. Postąpmy odwrotnie. Weźmy nieco lodu; lód jest zimny, ma np. temperaturę -12° . Możemy lód ogrzać, doprowadzić go np. do -8° , do -5° , do -1° ; ale nie możemy doprowadzić go do $+10^{\circ}$ np., albowiem w temperaturze 0° lód topi się. Powiadamy: lód może mieć temperatury niższe od zera lub też samo zero, lecz nie może mieć temperatury wyższej. Woda może mieć temperaturę wyższą od zera lub też samo zero, lecz nie może mieć temperatury niższej. Jedyną więc temperaturą, którą może mieć i lód i woda, jest temperatura 0° . Dlatego w tej temperaturze 0° może istnieć mieszanina lodu z wodą t. j. lód i woda mogą stykać się ze sobą w 0° bez topienia się lodu i bez zamarzania wody. Jeśli więc mamy lód lub śnieg (który składa się z drobniutkich kryształków lodu) wilgotny, t. j. poczynający się topić, możemy być pewni, że temperatura w tej mieszaninie lodu lub śniegu z wodą wynosi 0° .

Powiadamy inaczej, że 0° jest temperaturą lub punktem topliwości lodu lub raczej tego ciała, które bywa bądź lodem, bądź wodą, zależnie od temperatury.

§ 88. Czemu jedne ciała są ciekłe a inne są stałe.

Jak temperatura 0° jest punktem topliwości lodu, podobnie też temp. 31° jest punktem topliwości masła, temp. 63° punktem topliwości wosku, temp. 115° punktem topliwości siarki; każdy rodzaj ciała ma własny punkt topliwości. Zatem np. siarka jest ciałem stałym poniżej 115° a ciałem ciekłym powyżej 115° . Dlaczegoż nazywamy zwykle siarkę ciałem stałym? Ponieważ widzimy ją zazwyczaj w temperaturach, które leżą znacznie niżej od jej punktu topliwości. Gdybyśmy żyli w atmosferze, mającej np. 130° , widywalibyśmy siarkę w temperaturach, wyższych o 15 stopni od jej punktu topliwości i uważalibyśmy ją za ciecz. Żyjemy właśnie w temperaturach, wyższych o 15° od punktu topliwości wody i dlatego jesteśmy przyzwyczajeni do uważania wody za ciecz. Ale zwykła woda jest stopionym lodem, podobnie jak siarka w 130° jest stopioną siarką. Podobnie rtęć nazywamy cieczą dlatego, że punkt topliwości rtęci leży nisko (w -39°); lecz na wyprawach podbiegunowych ludzie znosili nieraz temperatury takie jak -39° i niższe a wówczas rtęć wydawała im się ciałem stałym, które można kuć, krajać na kawałki i t. d. Jeszcze niżej leży punkt topliwości np. alkoholu. Przeciwnie, punkt topliwości metali leży bardzo wysoko; np. punkt topliwości ołowiu wynosi 325° , miedzi około 1200° , że-

/? azyg.

// m. 40.00

↓ 22.7°

/ 1

↓ stali około 1300°



laza około 1600°. Czemu więc jedne ciała są ciekłe a inne stałe? Ponieważ temperatury, w których żyjemy, są wyższe od punktów topliwości pierwszych, a niższe od punktów topliwości drugich.

Niektóre ciała nie można stopić dlatego, iż rozkładają się, zanim stopiłyby się, gdy je ogrzewamy. Z tego powodu nie można stopić np. drzewa, papieru, lnu, wełny i t. d.; wszystkie te ciała rozkładają się na węgiel i na części lotne czyli zwęglają się pod działaniem ciepła. Inne ciała, jak np. czysty węgiel, glina, topiąc się w temperaturach nadzwyczajnie wysokich, wytrzymują temperaturę zwykłego ognia bez stopienia; z nich przeto wyrabiają t. zw. ogniotrwałe naczynia oraz cegły do pieców.

1. Kie...

Niektóre ciała (np. żelazo, srebro, miedź) posiadają bardzo wysoką temperaturę topnienia, która jest wyższa od temperatury, w której żyjemy. Z tego powodu nie można stopić tych ciał w zwykłym ogniu. Inne ciała, jak np. drzewo, papier, lnu, wełna, rozkładają się na węgiel i na części lotne, zanim się stopią. Z tych ciał wyrabiają się ogniotrwałe naczynia oraz cegły do pieców.

2. Lód...

Lód jest ciałem stałym, które topi się w wodę. Woda jest cieplejsza niż lód, dlatego lód topi się. Woda może być zamrożona w lód, jeśli temperatura spadnie poniżej 0°. Woda może być również zamrożona w lód, jeśli temperatura spadnie poniżej 0°. Woda może być również zamrożona w lód, jeśli temperatura spadnie poniżej 0°.

A zatem lód jest cieplejszy niż woda; a woda jest cieplejsza niż lód. Woda może być zamrożona w lód, jeśli temperatura spadnie poniżej 0°. Woda może być również zamrożona w lód, jeśli temperatura spadnie poniżej 0°. Woda może być również zamrożona w lód, jeśli temperatura spadnie poniżej 0°.



§ 89. Ciepło topliwości.

104
117

Weźmy dwa jednakowe naczynia; w jednym pomieścimy kilogram lodu o temperaturze 0° , więc już poczynającego się topić, w drugim kilogram wody o temperaturze 0° . Postawmy te naczynia obok siebie w pokoju; zobaczymy, że woda przybierze temperaturę pokojową już wówczas, gdy dopiero nieznaczna część lodu będzie stopiona. Ciepło, napływające z powietrza, w naczyniu z wodą idzie od razu na podnoszenie temperatury, gdy tymczasem w naczyniu z lodem zużywa się przedtem na topienie lodu. Weźmy dalej kilogram lodu, mającego 0° i oblejmy go kilogramem wody gorącej, mającej 80° . Gdybyśmy, zamiast lodu, wzięli wodę o 0° , otrzymalibyśmy 2 kilogramy wody o 40° (§ 86.). Tymczasem obecnie otrzymujemy 2 kilogramy wody ciekłej, mającej 0° . Woda gorąca straciła więc 80 kaloryi, które pobrał lód, ażeby stopić się. Trzeba wprowadzić 80 kaloryi do kilograma lodu o temperaturze 0° , ażeby zamienić go na kilogram wody o tejże temperaturze. I odwrotnie trzeba odebrać 80 kaloryi kilogramowi wody o temperaturze 0° , ażeby zamienić go na kilogram lodu o tejże temperaturze. Mówimy, że *ciepło topliwości* wody wynosi 80 kaloryi na kilogram.

Ciepło topliwości wody jest więc stosunkowo dość znaczne. To też płomień, który szybko ogrzewa, który np. podnosi temperaturę pewnej masy wody o kilkanaście stopni w ciągu kilku minut, musi pracować znacznie dłużej, przez kilkadziesiąt minut, nad stopieniem równej masy lodu. Potrzeba wielu dni odwilży, ażeby stopić znaczne masy śniegu, leżące po śnieżnej zimie na polach; albowiem powietrze nie jest w stanie prędzej dostarczyć 80 kaloryi każdemu kilogramowi śniegu. I odwrotnie woda w stawie lub jeziorze zamarza nieraz dopiero po kilku dobach mrozu, gdyż zimne powietrze nie jest w stanie prędzej odebrać 80 kaloryi każdemu kilogramowi wody.

§ 90. Para wodna.

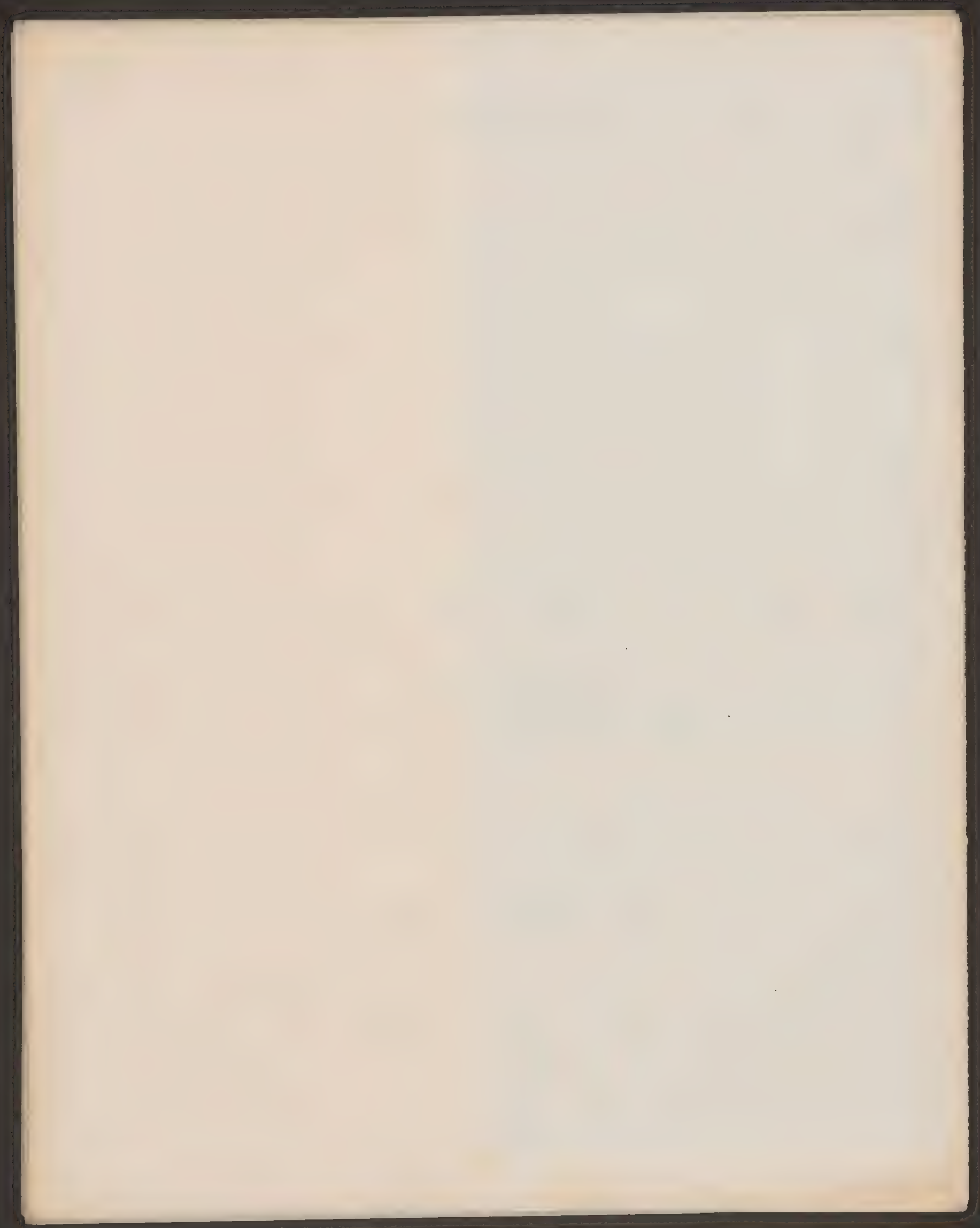
Puśćmy kroplę wody na tafelkę szklaną; po jakimś czasie kropli niema; *wyschła* ona, jak powiadamy. Podobnie wysycha zmoczona bielizna lub ziemia, gdy oddawna nie było deszczu. Z butelki otwartej woda również wysycha; ale z zakorkowanej butelki nie wysycha; jeśli zamknięcie jest szczelne, wody wcale nie ubywa. Stąd widzimy, że woda, wysychając, nie ginie, tylko się *ułatnia* czyli *paruje* t. j. zamienia się na ciało gazowe, na *parę wodną* i jako para rozchodzi się w powietrzu. Weźmy wodę gorącą; woda taka zamienia się na parę obficie, niż zimna; dlatego przedmioty wilgotne w cieple łatwiej wysychają. Nalawszy szklankę wodą gorącą do połowy, mamy w górnej połowie pełno pary wodnej. Przykryjmy szklankę zimnym talerzem; para wodna w zetknięciu z talerzem *skrapla się* i pokrywa go gęstą rosą. A więc woda może mieć postać trojaką: ciała stałego, ciekłego i gazowego; w tej ostatniej nazywamy ją *parą wodną*.

Ogrzewajmy nieco wody w szklanym naczyniu, aż pocznie wrzeć. Tworząca się para skrapla się z początku na chłodnych ścianach naczynia; później, gdy samo naczynie jest ~~już~~ gorące, para strumieniem wybiega w powietrze. Zauważymy wówczas, że para skłębia się w nieprzezroczysty obłoczek dopiero w pewnej odległości od otworu naczynia; wewnątrz naczynia, wypełnione parą, jest zupełnie przezroczyste. A zatem ~~para~~ *para wodna jest przezroczysta i niewidzialna*, jak powietrze; co zwykle nazywamy parą, nie jest ciałem gazowym czyli właściwą parą, lecz parą ~~skroploną~~ *skroploną* na małe kropelki, unoszące się w powietrzu.

T powiadamy:

//, o dość wznikie wyje

L już



Jak powietrze i jak każde w ogóle ciało gazowe, para wodna wywiera ciśnienie; zobaczmy, jak znaczne ciśnienie wywiera. Gdy woda ulatnia się w powietrzu, para powstająca miesza się z powietrzem; więc, żeby mieć ciśnienie samej tylko pary, pozwólmy wodzie ulatniać się w próżni. Wprowadzamy wodę do rurki barometru w sposób, jaki objaśnia rys. 95. Jak tylko woda wypłynie ponad rtęć, próżnia wypełnia się parą wodną i słup w barometrze się obniża. O ile słup się obniża, zależy od temperatury. W temperaturze 10° obniżka wynosi 0.9 cm , w temperaturze 15° wynosi 1.3 cm , w 20° zaś 1.7 cm . Lecz wiemy, że obniżka słupa barometrycznego wskazuje tu ciśnienie ciała gazowego, które dostało się do próżni. Powiadamy zatem: woda w 10° wytwarza parę o ciśnieniu 0.9 cm rtęci; w 15° oraz w 20° wytwarza parę o ciśnieniu 1.3 oraz 1.7 cm rtęci.

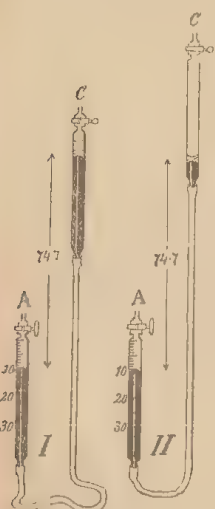


Rys. 95.

W rurce

§ 92. Ciecz i para w zetknięciu.

Tosamo doświadczenie możemy wykonać zapomocą przyrządu, przedstawionego na rys. 60., (rys. 96. str. 84.). Wprowadźmy nieco wody po nad rtęć w C przed zamknięciem kurka; następnie podnieśmy rurkę C , jak na rys. 60, III. Różnica w wysokościach poziomów rtęciowych będzie teraz mniejsza wskutek ciśnienia pary wodnej. Przypuśćmy np., że mamy 15° w pokoju;



Rys. 96.

różnica w wysokościach jest teraz 74.7 cm , gdy poprzednio wynosiła 76 cm . Położenie poziomów rtęciowych jest więc takie, jak na rys. 96, I. Podnieśmy rurkę prawą C znacznie do góry; rtęć w niej zejdzie niżej i objętość próżni znacznie się powiększy (rys. 96, II.). Zmierzymy znowu różnicę wysokości poziomów; wynosi ona, jak wprzód, 74.7 cm . Natomiast obecnie jest nieco *mniej* wody ciekłej nad rtęcią, niż w położeniu I. Co tu się stało? Gdy powiększyliśmy objętość pary wodnej w C , ciśnienie jej zmniejszyło się; albowiem ciśnienie wszelkiego ciała gazowego (§ 49.) zmniejsza się, gdy objętość ~~je~~ się zwiększa. Lecz wówczas ciekła woda nad rtęcią znalazła się w C pod ciśnieniem *mniejszym* niż 1.3 cm , zaczęła

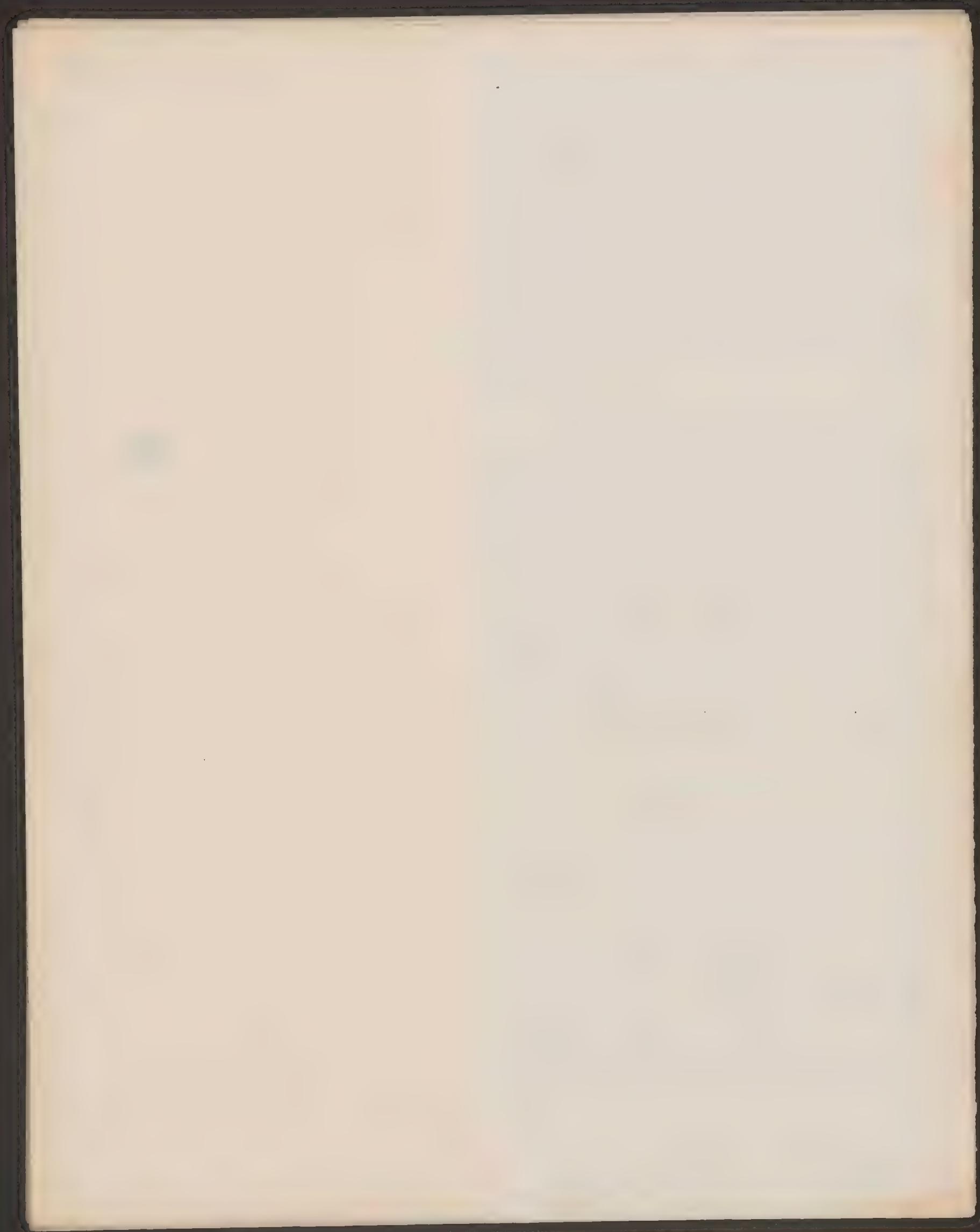
więc wytwarzać nowe ilości pary. Przez to ciśnienie pary powiększało się; gdy doszło napowrót do 1.3 cm , woda przestała dalej parować. Dlatego znaleźliśmy w położeniu II. ilość wody ciekłej nieco mniejszą, ciśnienie zaś pary ~~takie samo~~, jak w położeniu I. Gdybyśmy byli wykonali to doświadczenie w temperaturze 20° , byłibyśmy podobnie znaleźli: że różnica wysokości poziomów wynosi stale 74.3 cm ; że ilość wody ciekłej zmniejsza się, gdy objętość próżni zwiększamy, zwiększa się zaś, gdy ją zmniejszamy. Powiadamy zatem: *w każdej temperaturze woda wytwarza parę o pewnem określonym ciśnieniu*; nazywa się ono *ciśnieniem nasycenia*. Jeśli ciśnienie pary nad wodą jest mniejsze niż ciśnienie nasycenia, wówczas woda paruje; jeśli jest większe, para się skrapla. Jeśli ciecz i para są ze sobą w zetknięciu i ani woda paruje ani para się skrapla, wówczas para ma właśnie ciśnienie nasycenia.

// równie wielki

/ nie

§ 93. Ciśnienie nasycenia rośnie z temperaturą.

Przejdźmy teraz do wyższych temperatur. Otoczmy (rys. 97., str. 85.) rurkę C poprzedniego przyrządu szeroką rurą szklaną



i nalejmy do niej wody gorącej; zważajmy zawsze na to, ażeby nad rtęcią w rurce *C* znajdowała się woda ciekła. Mierząc różnice wysokości poziomów rtęciowych, znajdziemy ciśnienia nasycenia wody w różnych temperaturach. Znajdziemy:

3.1 cm w 30°	35.5 cm w 80°
9.2 cm w 50°	52.5 cm w 90°
23.3 cm w 70°	76.0 cm w 100°.

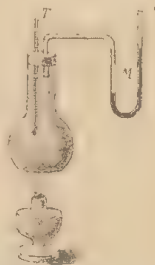
Gdy temperatura się podnosi, ciśnienie nasycenia rośnie coraz bardziej i dochodzi do ciśnienia atmosferycznego (76 cm) w temperaturze 100°. Powyżej 100° ciśnienie nasycenia wody staje się jeszcze większe, np. w 110° wynosi już 107.5 cm.



Rys. 97.

§ 94. Punkt wrzenia.

Rozumiemy teraz, że, kiedy ogrzewamy wodę w otwartym naczyniu, temperatura wody nie może podnieść się po nad 100°. Istotnie: woda znajduje się wówczas pod ciśnieniem 76 cm a że tworząca się para rozchodzi się w powietrzu, więc ciśnienie nie może podnieść się po nad 76 cm, zatem i temperatura wody po nad 100°. To też w tej temperaturze 100° woda zamienia się całkowicie na parę w otwartym naczyniu; mówimy, że *woda wre w temperaturze 100° pod ciśnieniem atmosferycznym*. Temperatura 100° nazywa się dlatego *temperaturą* lub *punktem wrzenia* wody. Gdybyśmy gotowali wodę w zamkniętym naczyniu (rys. 98.), para nie rozchodziłaby się w powietrzu, ciśnienie jej podnosiłoby się ponad 76 cm, jak pokazuje położenie rtęci w rurce *M*; wówczas temperatura podniesie się po nad 100°, jak pokazuje termometr *T*. Pod ciśnieniem większym niż atmosferyczne woda wre w temperaturze wyższej niż 100°. ~~Przeciwnie, gdybyśmy~~



Rys. 98.

Zastosowanie tej zasady znajdujemy w kotłach parowych, służących do wytwarzania pary dla

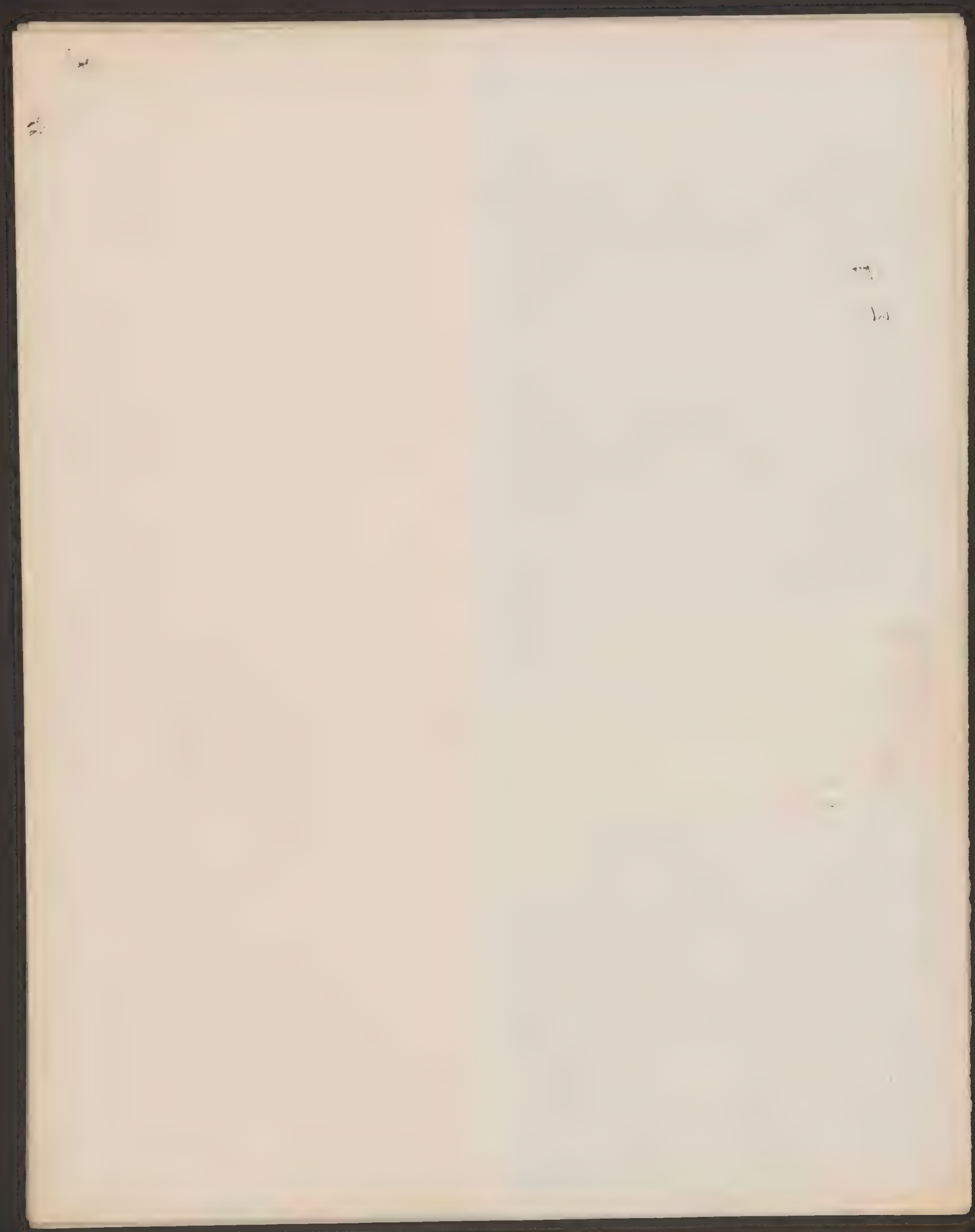
maszyn parowych (§ 5). Do niektórych maszyn potrzeba pary o znacznym ciśnieniu, naprężeniu o ciśnieniu kilkunastu atmosfer; woda, gotująca się w kotle, ma wówczas temperaturę dochodzącą do 200° i wyżej.

Gdybyśmy ~~le~~ przewrócili naczynie z wodą pod dzwonem, i pompy powietrznej i wyciągali wciąż powietrze i tworzącą się parę, np. tak, ażeby ciśnienie pod dzwonem wynosiło 35.5 cm, wówczas temperatura wody nie mogłaby podnieść się ponad 80°; więc pod dzwonem wrzenie odbywałoby się w temperaturze 80°. Pod ciśnieniem mniejszym niż atmosferyczne woda wre więc w temperaturze niższej niż 100°. Wiemy np., że na szczytach gór ciśnienie powietrza jest mniejsze niż zwykle atmosferyczne (§ 56.); to też na szczycie Łomnicy woda wre w temperaturze 91°, na szczycie Mont-Blanc w temperaturze 84.4° zamiast w 100°, jak u poziomym morza.

I stale

§ 95. Para wodna w powietrzu.

Nalejmy wody do butelki, potem zamknijmy butelkę i postawmy ją w pokoju, gdzie mamy np. 15°. Co znajduje się w butelce ponad wodą? Mięszanina dwóch ciał gazowych: powietrza i pary wodnej. Ile jest jednego a ile drugiego? W próżni woda wytworzyłaby parę o ciśnieniu 1.3 cm; w obecności powietrza wytworzy ostatecznie parę o takim samym ciśnieniu, jak w próżni; obecność powietrza nie ma wpływu na ciśnienie nasycenia. Gdybyśmy więc



mogli zmierzyć w butelce ciśnienie pary wodnej samej przez się i ciśnienie powietrza samego przez się, przekonalibyśmy się, że pierwsze wynosi 1.3 cm a drugie 74.7 cm; razem 76 cm.

W otwartem powietrzu znajduje się zawsze para wodna, albowiem woda mórz, rzek, jezior, woda znajdująca się w ziemi i w roślinach i wszelka w ogóle woda, prócz szczelnie zamkniętej, wytwarza wciąż parę. Powietrze więc w pokoju ma w sobie również parę wodną a nawet często zawiera jej więcej, gdyż wytwarza ją oddychając, wytwarza ją każdy płomień i t. d. Przypuśćmy, że w pewnym pokoju jest tyle pary wodnej, iż sama przez się wywierałaby ona ciśnienie np. 0.9 cm; temperatura powietrza niech wynosi 15°. Ciśnienie nasycenia przy 15° równa się 1.3 cm, zatem para nie będzie się skraplała a woda ciekła w tym pokoju będzie parowała. Ale przypuśćmy, że wnieśliśmy do tego pokoju jakieś zimne ciało, np. karafkę pełną śniegu. Powietrze, stykające się z powierzchnią karafki, będzie się oziębiało; temperatura jego zejdzie stopniowo do 14°, do 13° i t. d.; nareszcie, gdy dojdzie do 10°, para wodna, która jest w tem powietrzu, znajdzie się pod ciśnieniem nasycenia, gdyż dla 10° ciśnienie 0.9 cm jest ciśnieniem nasycenia. Więc w tej temperaturze para wodna ~~powietrza~~ skropi się i osiadzie na karafce w postaci rosy. Z tego właśnie powodu w porze zimowej szyby w oknach pokrywają się rosą (lub nawet lodem) od strony wewnętrznej, od strony pokoju; ażeby temu zapobiedz, w sklepach palą małe płomyczki w pobliżu szyb w wystawach sklepowych. Jeśli drzwi z ogrzanego pokoju (a jeszcze bardziej z kuchni lub pralni) prowadzą wprost na dwór, widzimy wówczas zimą podczas mrozu, że kłęby pary buchają za otwarciem drzwi; para wodna w pokoju ma ciśnienie mniejsze niż ciśnienie nasycenia, jest więc ciałem gazowem i jest niewidzialna (§ 90.); w temperaturze zaś zewnętrznego powietrza skrapla się i tworzy chmurę, złożoną z ciekłych kropelek. Para, którą wyziewamy z płuc, nie skrapla się z tegoż powodu podczas lata, lub w ogrzonym pokoju, skrapla się zaś na mrozie.

W podobny sposób powstają opady atmosferyczne, jak deszcz, śnieg i t. d.; zdarzają się one najczęściej z tej przyczyny, że powietrze wilgotne i ciepłe z nad ziemi podnosi się ku górze, spotyka się z zimnem powietrzem, skutkiem czego wydziela z siebie parę wodną w postaci ciekłej lub stałej.

§ 96. Punkty wrzenia różnych ciał.

Punkt wrzenia wody pod ciśnieniem atmosferycznem wynosi 100°; punkt wrzenia alkoholu wynosi 78°, punkt wrzenia eteru siarczanego wynosi 35°. Ciała te nazywamy więc cieczami, gdyż widzimy je zazwyczaj w temperaturach, niższych od ich punktów wrzenia. Gdybyśmy żyli w temperaturze np. 40° (w krajach gorących zdarzają się takie upały), eter siarczany byłby dla nas ciałem gazowem. Zupełnie podobnie mają się rzeczy np. z powietrzem, z tą tylko różnicą, że punkt wrzenia powietrza leży nadzwyczaj nisko, mianowicie o 190 stopni pod zerem, czyli w -190°; w tej temperaturze zatem powietrze się skrapla. W temperaturach, w których żyjemy, powietrze znajduje się mniej więcej o 200° ponad swym punktem wrzenia, dlatego jest dla nas ciałem gazowem. Metale, przeciwnie, mają bardzo wysokie punkty wrzenia. Rtęć topi się w -39°, wre zaś w 357°; cynk, który topi się w 45°, wre około 950°. Inne metale wrą jeszcze wyżej i w ogniu naszych pieców nie dochodzą do wrzenia; ale na słońcu znajdują się takie same metale jak na ziemi; są one tam wszystkie ciałami gazowemi wskutek niezmiernie wysokich temperatur, jakie tam panują.

Tabele punktów wrzenia zob. na str.

107

120

ja ludzie,

↓ w

↓ w tym pokoju

↓

znajdująca się w pobliżu karafki

↓

rozpręża się przez to lub

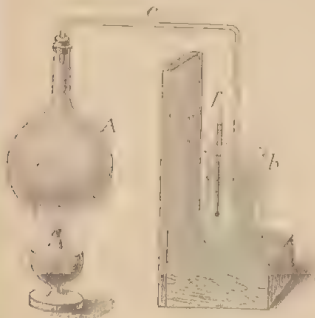
±

4/2°

153

§ 97. Ciepło parowania.

Do naczynia *B* (rys. 99., str. 88.) wprowadźmy kilogram wody, mającej temperaturę 0° ; naczynie to ochrońmy złymi przewodnikami od dopływu ciepła z zewnątrz, zwłaszcza od płomienia. Przez rurkę *C* wpuszczajmy do *B* parę wodną, która wytwarza się w *A*. Bańki pary z początku nikną w wodzie lodowatej, później przechodzą coraz łatwiej, nareszcie, gdy temperatura w *B* dojdzie do



Rys. 99.

100° , przestają się skraplać. Zważmy wodę w naczyniu *B*, gdy temperatura dojdzie do 100° ; przekonamy się, że przybyło jej 187 gramów. A zatem 187 gramów pary wodnej przyniosło ze sobą i oddało wodzie zimnej w *B* ilość ciepła, potrzebną do ogrzania kilograma wody od 0° do 100° , czyli 100 kaloryi; więc 1 gram pary oddał $\frac{100}{187}$ czyli 0.536 kaloryi a kilogram pary oddałby 536 kaloryi. Widzimy więc, że

kilogram pary wodnej, skraplając się, oddaje swemu otoczeniu 536 kaloryi. Odwrotnie też *potrzeba doprowadzić 536 kaloryi, ażeby zamienić kilogram wody ciekłej, mającej 100° , na kilogram pary, również mającej 100°* . Ta ilość ciepła nazywa się *ciepłem parowania* wody. Widzimy, że jest ono podobne do ciepła topliwości (§ 89.). Przechodząc ze stanu stałego w stan ciekły, ciało pochłania ciepło topliwości; przechodząc ze stanu ciekłego w stan gazowy, pochłania ciepło parowania. // Ciepło parowania wody jest bardzo znaczne; to też pomimo, iż woda paruje bardzo powoli w zwykłej temperaturze, czujemy chłód, gdy kropla wody ulatnia się na dłoń. Ażeby mieć wodę chłodną podczas upałów, dość owinać karafkę wody w wilgotną serwetę i wystawić ją na wiatr lub dmuchać na nią mieszką. Alkohol a jeszcze bardziej eter siarczany ulatniają się prędzej od wody w zwykłej temperaturze; bliżej im w tych temperaturach do punktu wrzenia, wytwarzają więc parę o większym ciśnieniu. Dlatego też alkohol i eter, ulatniając się, chłodzą bardzo znacznie, choć ich ciepło parowania jest mniejsze, niż wody; kropla eteru sprawia na dłoń wrażenie zimna. Zwilżywszy kapsułkę miedzianą od spodu wodą, naławszy w nią eteru i kierując na eter silny prąd powietrza, możemy zamrozić wodę, która przylgnęła do kapsułki. Doświadczenie to objaśnia zasadę sztucznego wyrabiania lodu, które w wielkich miastach często się praktykuje.

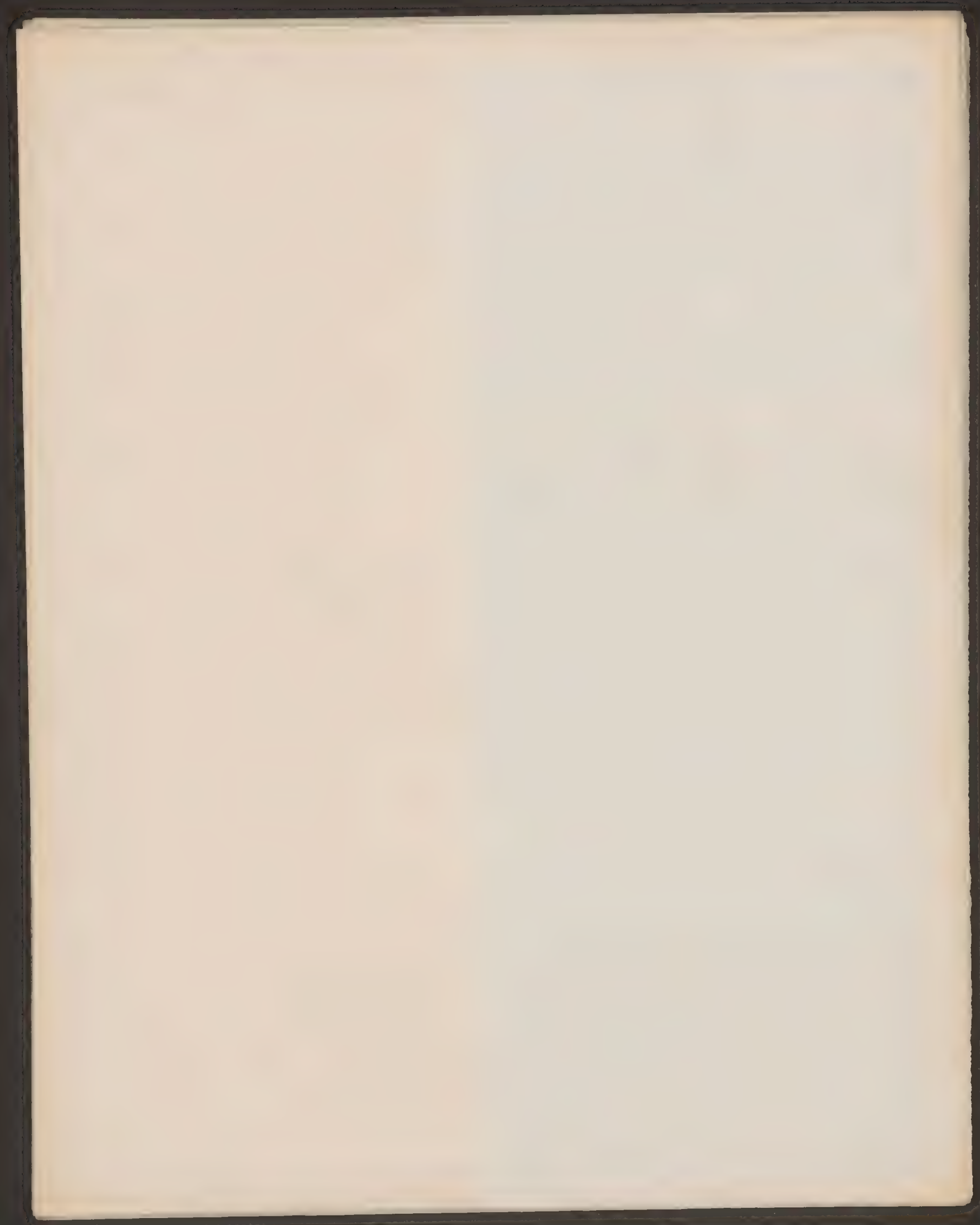
§ 98. Zamiana pracy na ciepło.

Przypomnijmy sobie treść §§ 17. do 23. Przekonaaliśmy się w nich, że *praca nie ginie*. Praca, wydana np. na skręcenie sprężyny, na podniesienie kamienia, na rzucenie kuli, nie ginie, nie jest stracona; albowiem sprężyna skręcona ma energią, kamień podniesiony ma energią, kula biegnąca ma energią t. j. może zwrócić nam pracę wydaną. Ale // ~~nie~~ przesuwamy np. skrzynię po podłodze, wówczas na przezwyciężenie tarcia musimy wydać pewną ilość pracy; czyż skrzynia przesunięta ma energią? czy może zwrócić nam pracę wydaną? ~~Zapamiętajmy~~ Co w ogóle dzieje się z pracą, idącą na przezwyciężenie jakiegobądź tarcia? Praca nigdy nie ginie; więc praca, którą wydajemy na przezwyciężenie jakiegobądź tarcia, musi się w coś przeobrażać czyli na coś zamieniać. Istotnie; *zamienia się ona na ciepło*. Przypomnijmy sobie, że każda os w powozie, wagonie kolejowym, czy jakiegokolwiek maszynie, *grzeje się* przez tarcie o panewkę; ażeby tego uniknąć, staramy się *zmniejszyć* tarcie, smarując trące się powierzchnie. Przyciskajmy kawałek żelaza do obwodu koła, które się

// *at cap.*

// *zajęty, inny: gdy*

↓ o // *nie* *Γa*



prędko obraca a rozgrzejemy żelazo tak znacznie, że niepodobna będzie utrzymać go w dłoni. Dzicy nie innym sposobem, jak tarcie, rozniecają ogień a i my posługujemy się tym sposobem, ażeby zapalić zapalnik t. j. ażeby doprowadzić jej łebek do temperatury, w której zaczyna się palić. Gdy przesuwamy więc skrzynię po podłodze, pewna ilość ciepła niewątpliwie musi powstawać i temperatura skrzyni i podłogi musi nieco się podnosić, choć tak nieznacznie, że potrzebaby użyć czułych przyrządów, ażeby się o tem przekonać.

Widzimy zatem, że przez tarcie praca zamienia się na ciepło. Gdy kowal uderza ciężkim młotem sztabę żelazną, praca jego mięśni zamienia się z początku na energią ruchu, następnie ta energia podczas uderzenia zamienia się na ciepło. Widzimy w nocy, że iskry wyskakują koniom na bruku z pod podków; to dowodzi, że uderzenie żelaza o kamień jest zdolne nie tylko odłupać drobny odłamek kamienia, lecz i rozgrzać go do białości. Potrzęsając mocno butelką, w której jest woda, możemy podnieść temperaturę wody o kilka stopni. *Wszelka energia zamienia się łatwo na ciepło.*

§ 99. Z pewnej ilości pracy otrzymuje się zawsze pewną ilość ciepła.

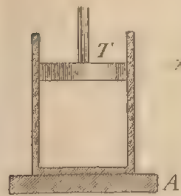
Ażeby podnieść kilogram o wysokość metra, trzeba wykonać

pracę, zwaną kilogrammetrem, którą, jak wiadomo 15 30, obraca się 1750 da jednostkę pracy

Z wielu doświadczeń uczeni przekonali się, że z 425 kilogrammetrów pracy otrzymuje się zawsze 1 kaloryą ciepła, jeśli praca całkowicie zamieniła się na ciepło. Żeby otrzymać 2 kaloryę, trzeba 850 kilogrammetrów; żeby otrzymać 3 kalorye, trzeba 1275 kilogrammetrów i t. d. Przeciwnie, z 1 kilogrammetra otrzymuje się $\frac{1}{425}$ część kaloryi i t. d. Wystawmy sobie np., że kilogram wody spada na podłogę kamienną z wysokości 425 metrów. Praca, którą wykonała siła ciężkości, ściągając kilogram ku dołowi, wynosi 425 kilogrammetrów, powinno się więc pojawić w owym kilogramie ciepło w ilości jednej kaloryi. Ponieważ jest to kilogram wody, więc temperatura podniesie się o 1 stopień; gdyby ciepło z 425 kilogrammetrów pracy pojawiło się w kilogramie miedzi, ilość ~~tego~~ wynosiłaby znowu 1 kaloryą, ale temperatura podniosłaby się o 10 stopni (por. § 86.); gdyby to był kilogram rtęci, podniosłaby się o 30 stopni (§ 86.). Zatem podniesienie temperatury zależy od rodzaju ciała, ale ilość ciepła utworzonego nie zależy ani od rodzaju ciała, ani od niczego innego, jak tylko od ilości pracy, przeobrażonej na ciepło.

§ 100. Zamiana ciepła na pracę.

Rozgrzejmy jakiegobądź ciało tarcie lub szeregiem uderzeń. Wydaliliśmy na to pewną pracę; lecz praca ta nie jest stracona. Ciało gorące nawzajem może teraz wykonać pracę, do której zimne nie byłoby zdolne. ~~Rozgrzejmy np. płytkę A tarcie lub szeregiem uderzeń i postawmy na niej~~



Rys. 100.

walec metalowy, w którym porusza się gładko szczelny tłok *T* (rys. 100.); w walcu znajduje się, przypuśćmy, powietrze. Podniesiona temperatura płyty udzieli się przez dno walca powietrzu; powietrze ^{za} pocznie się rozszerzać, będzie podnosiło tłok ~~wobec~~ zewnętrznemu ciśnieniu atmosfery, będzie więc wykonywało pracę. Albo też, gdyby nieco wody znajdowało się w walcu, wówczas pod działaniem przenikającego ciepła woda parowałaby, ciśnienie pod tłokiem wzrastałoby i moglibyśmy znowu uzyskać pewną ilość pracy. Widzimy więc, że praca, wydana na rozgrzanie jakiegobądź ciała, nie jest stracona; *ciało go-*

109

122

↓ jak gdyby ciepło,

7 ciepła

1 pracy

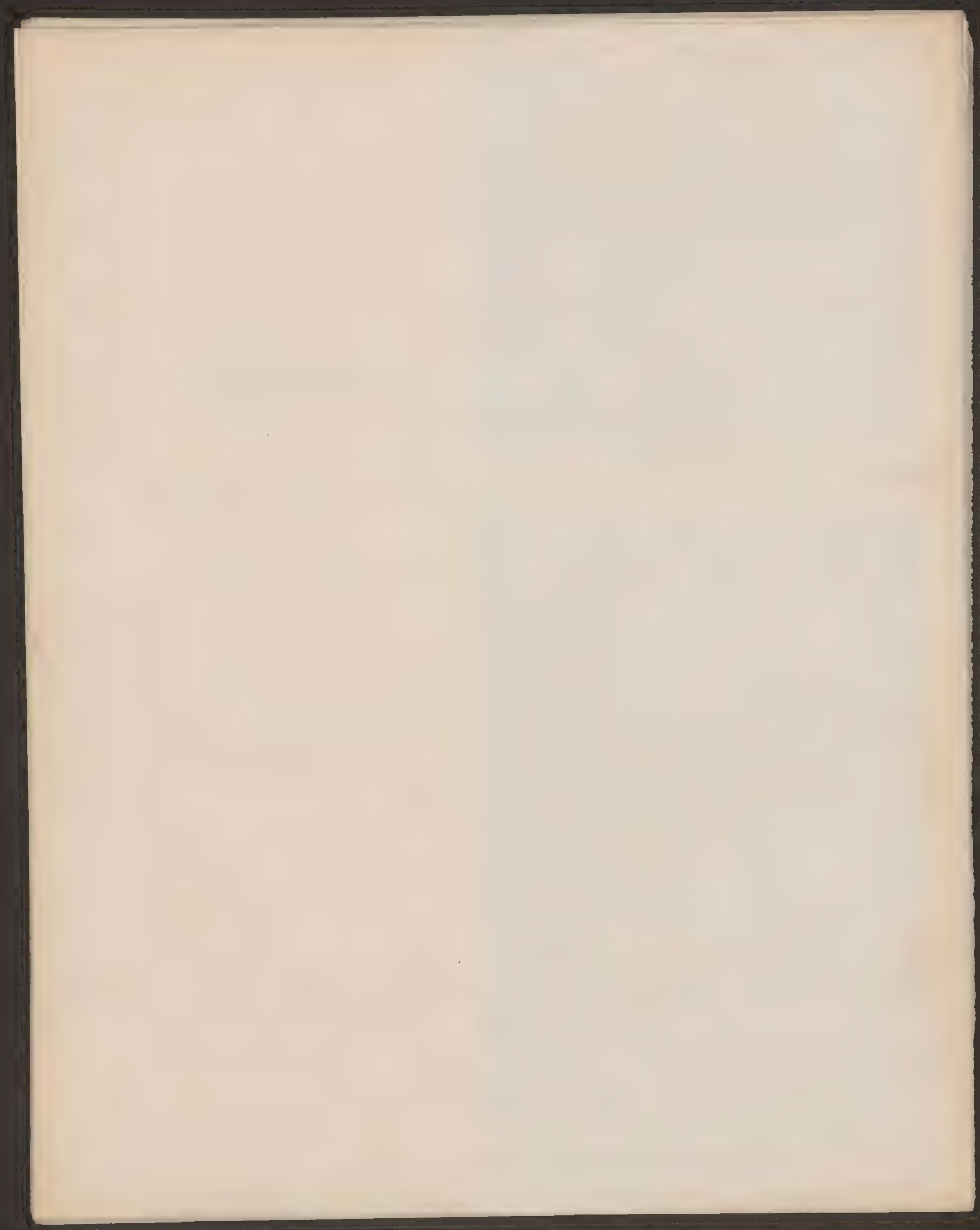
II wytworzone z

1 ciepła tego

F wy-

*Wystawmy sobie np., że płytka A została rozgrzana na tarcie lub szeregiem uderzeń i że postawiono na niej **

z miedzi



110
123

zące ma energią i nawzajem wykonywa pewną pracę, byleby mogło odstąpić swego ciepła ciału zimniejszemu od siebie, np. powietrzu, które się przez to rozszerzy, lub wodzie, która będzie przez to parowała. Jak sprężyna musi się rozkręcać, żeby wydać swoją energią, jak kamień podniesiony musi się obniżyć, żeby wydać swoją energią, jak pocisk biegnący musi się zatrzymać, żeby wydać swoją energią, podobnież ciało gorące musi oddać swe ciepło, żeby wydać swoją energią i temsamem wykonać pracę.

§ 101. Z pewnej ilości ciepła otrzymuje się zawsze pewną ilość pracy.

Wystawmy sobie, że w walcu, rys. 100., znajduje się pod tłokiem powietrze i że ogrzewamy je o 100° . Możemy przytem bądź pozwolić rozszerzać się powietrzu; bądź też możemy nie pozwolić mu się rozszerzać, utwierdziwszy np. tłok w miejscu. W pierwszym razie powietrze, ogrzewając się, będzie wykonywało pracę; w drugim razie powietrze będzie się tylko ogrzewało i nie będzie wykonywało pracy. *To też w pierwszym razie powietrze będzie pochłaniało więcej ciepła niż w drugim; różnica jest ilością ciepła, jaka w pierwszym razie zamienia się na pracę.* Przypuśćmy np., że w walcu pod tłokiem znajduje się 1 m^3 powietrza o temperaturze 0° i że powierzchnia tłoka ma 1 m^2 rozległości. W takim razie tłok znajduje się w odległości 1 m od dna walca w 0° i posuwa się do odległości 1.37 m w 100° , jeśli pozwalamy powietrzu rozszerzać się swobodnie pomiędzy 0° a 100° (§ 78.). Lecz z § 48. wiadomo, że ciśnienie atmosferyczne, które tłok, posuwając się, musi przewyciężać, cięży na nim tak, jak gdyby 10260 kg na nim leżało. A więc, rozszerzając się od 0° do 100° , powietrze jak gdyby podnosi 10260 kg o wysokość 0.37 m , wykonywa więc pracę 3796.2 kilogrammetrów. Ta praca bierze się, jak powiedziano, z nadmiaru ciepła, jakie powietrze pochłania, gdy ogrzewa się, rozszerzając się swobodnie. Owóż wiadomo, że metr sześcienny powietrza pochłania 8.93 kaloryi więcej, gdy rozszerza się, niż gdy nie rozszerza się, ogrzewając się o 100° . A zatem z 8.93 kaloryi powstaje tu 3796.2 kilogrammetrów; innemi słowy, z 1 kaloryi ciepła powstaje 425 kilogrammetrów pracy, taksamo, jak z 425 kilogrammetrów pracy powstawała 1 kalorya ciepła (§ 99.).

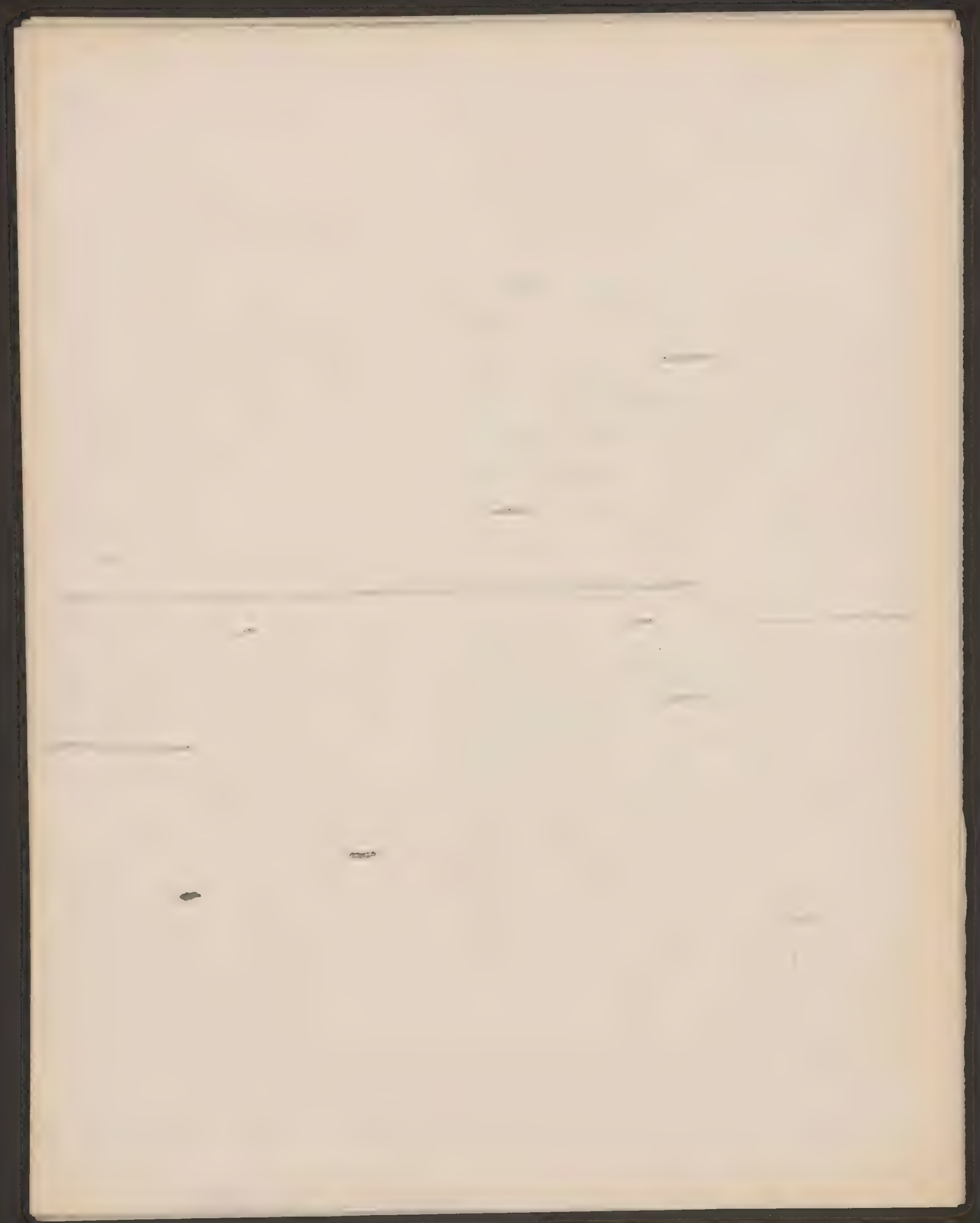
Gdybyśmy kazali powietrzu rozszerzać i wykonywać pracę a nie doprowadzali mu z zewnątrz ciepła, powietrze wydałoby na wykonanie tej pracy część swego własnego ciepła t. j. oziębiłoby się. Dlatego ciało gazowe, które zmuszamy do rozszerzania się, oziębia się. Ażeby to okazać, nasyćmy powietrze pod kloszem pompy pneumatycznej parą wodną (zawiesiwszy pod nim na czas pewien np. arkusz wilgotnej bibuły); następnie pociągnijmy powietrze pompą. Oziębienie powietrza zdradzi się natychmiast obłoczkiem, który dowodzi, że część pary wodnej uległa skropleniu.

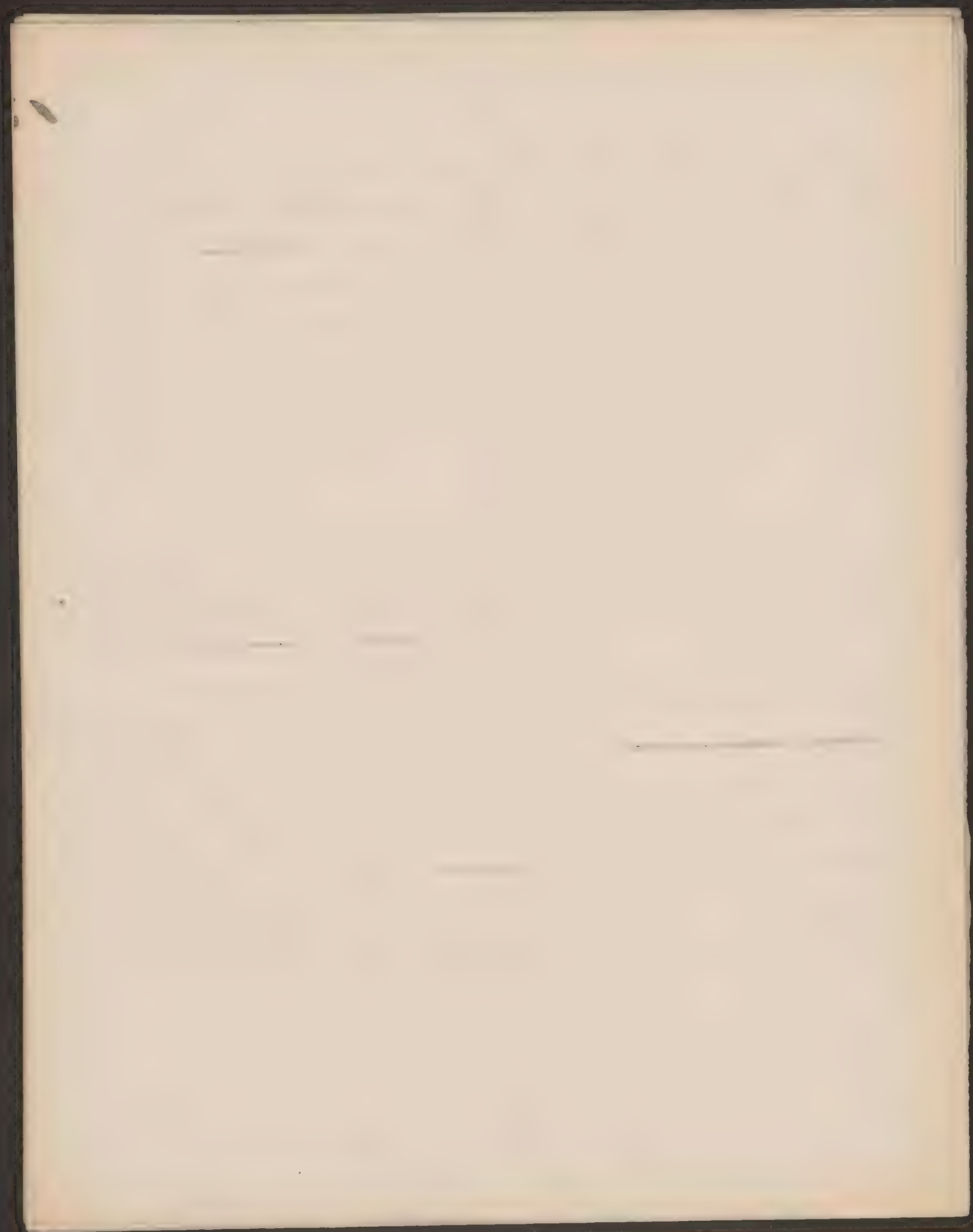
~~SS~~
~~Wystawmy sobie, że w walcu, rys. 100., znajduje się pod tłokiem powietrze i że ogrzewamy je o 100° . Możemy przytem bądź pozwolić rozszerzać się powietrzu; bądź też możemy nie pozwolić mu się rozszerzać, utwierdziwszy np. tłok w miejscu. W pierwszym razie powietrze, ogrzewając się, będzie wykonywało pracę; w drugim razie powietrze będzie się tylko ogrzewało i nie będzie wykonywało pracy. To też w pierwszym razie powietrze będzie pochłaniało więcej ciepła niż w drugim; różnica jest ilością ciepła, jaka w pierwszym razie zamienia się na pracę.~~
~~Przypuśćmy np., że w walcu pod tłokiem znajduje się 1 m^3 powietrza o temperaturze 0° i że powierzchnia tłoka ma 1 m^2 rozległości. W takim razie tłok znajduje się w odległości 1 m od dna walca w 0° i posuwa się do odległości 1.37 m w 100° , jeśli pozwalamy powietrzu rozszerzać się swobodnie pomiędzy 0° a 100° (§ 78.). Lecz z § 48. wiadomo, że ciśnienie atmosferyczne, które tłok, posuwając się, musi przewyciężać, cięży na nim tak, jak gdyby 10260 kg na nim leżało. A więc, rozszerzając się od 0° do 100° , powietrze jak gdyby podnosi 10260 kg o wysokość 0.37 m , wykonywa więc pracę 3796.2 kilogrammetrów. Ta praca bierze się, jak powiedziano, z nadmiaru ciepła, jakie powietrze pochłania, gdy ogrzewa się, rozszerzając się swobodnie. Owóż wiadomo, że metr sześcienny powietrza pochłania 8.93 kaloryi więcej, gdy rozszerza się, niż gdy nie rozszerza się, ogrzewając się o 100° . A zatem z 8.93 kaloryi powstaje tu 3796.2 kilogrammetrów; innemi słowy, z 1 kaloryi ciepła powstaje 425 kilogrammetrów pracy, taksamo, jak z 425 kilogrammetrów pracy powstawała 1 kalorya ciepła (§ 99.).~~
~~Gdybyśmy kazali powietrzu rozszerzać i wykonywać pracę a nie doprowadzali mu z zewnątrz ciepła, powietrze wydałoby na wykonanie tej pracy część swego własnego ciepła t. j. oziębiłoby się. Dlatego ciało gazowe, które zmuszamy do rozszerzania się, oziębia się. Ażeby to okazać, nasyćmy powietrze pod kloszem pompy pneumatycznej parą wodną (zawiesiwszy pod nim na czas pewien np. arkusz wilgotnej bibuły); następnie pociągnijmy powietrze pompą. Oziębienie powietrza zdradzi się natychmiast obłoczkiem, który dowodzi, że część pary wodnej uległa skropleniu.~~
~~(St. III)~~



Maszyny parowe bywają rozmaitej budowy; zawsze jednak składają się z następujących części istotnych: kotła wraz z ogniskiem (K , L na rys. 4m), wał parowy wraz z cylindrem (W), chłodnicą parową (C); chłodnicą czyli kondensatorem (E) oraz pompą (P). Rozumieć, na którym widzimy urządzenie to, z którego ~~składają się~~ wyodrębna, z pomocą uproszczenia, rzeczywiste urządzenie maszyny parowej. W kotle K znajduje się woda. Pod działaniem ciepła ogniska woda ta wytwarza parę ~~wodną~~, która rusza i udeży się do walca W . Do tego walca ma ona, jak widzimy z rysunku, dostęp dzięki: 1) przez wentyl (a), który łączy kocioł (K) z wałem, 2) przez otwór pod blok I , 3) przez tenże przez wentyl b , 4) przez otwór pod blok II . W pierwszym razie para pcha blok ku dołowi, w drugim wypycha go ku górze. Względnie tych wentyli jest takich, że, gdy jeden jest otwarty, drugi jest zamknięty. ~~W ten sposób para z walca idzie do chłodnicy~~ Idzie do chłodnicy, jedna przez wentyl c z wału, druga przez wentyl d z pod bloku. Te ~~chłodnice~~ chłodnice są zbudowane z dwóch części, z których jedna jest otwarta, druga jest zamknięta, a także zamknięta z otworem, zamyka się wentyl a , c z otworem b , zamyka się wentyl b . Otwieranie i zamykanie tych wentyli a i d , oraz b i c , (tę pokazuje na rysunku) dzieje się z pomocą bloku I i ~~bloku~~ ^{rychłoci} T , która idzie za nim. Para więc, napływająca z kotła, bądź zasłania a i d otwarte, bądź b i c zamknięte, wypycha więc blok T ku dołowi, ~~zamyka się~~ (takie właśnie położenie widzimy na rysunku); bądź też zasłania a i d zamknięte, b i c otwarte, a wówczas wypycha blok T ku górze. W obu razie para, ruszyła (z pomocą wału) pod blokiem, w drugim razie pod blokiem, ~~zasłania~~ ^{zasłania} wydrążona, rusza do chłodnicy C , gdzie zostaje ona ochłodzona, zmieniając (z W do C) swoją wodę. Skrapla się ~~czyli~~ ^{czyli} kondensuje, i ~~zostaje~~ ^{zostaje} woda wrzyna, dla której pompą pomocniczą, P , która przepompowuje ją do kotła K . Ruch bloku T z ~~przewodnictwem~~ ^{przewodnictwem} Z , przenosi się na osi, na której osadzone jest koło rozpędowe E .

Wyodrębny robot, ze ogniska, np. w ciągu godziny, udeżyłoby wodzie w kotle pewnej ilości ciepła, np. pewnej oznaczonej ilości kalorii. Ta ilość ciepła zamieniła się pewną oznaczoną masę wody wrzącej w parę. Para ta w walcu uległaby praco, w chłodnicy skraplała się





~~do tego nie da się, nie potrafiłoby się, i wraz znowy ciepło przeminęło i nie było
tę pracy. Ciepło to skutek rozpręgnięcia, gdy rozciągamy, i ciepło, które się ma, pracą,
musimy podać, i ciepło to nie jest ciepło, które się ma, ale ciepło, które się ma do
tego rozciągania, jak tu jest, i które do tego przeminęło.~~

§ 112. Ciepło jest pewnego rodzaju energią.

Czemże jest ciepło? Co przechodzi z płomienia lampy na lód, zamienia lód na wodę, obraca wodę w parę?

Ciepło nie jest żadnym ciałem, bo nie posiada masy. Wiemy, że ciało gorące nie ma większej masy, niż kiedy jest zimne (§ 75.). Z jednego kilograma lodu powstaje 1 kg wody a nie więcej; podobnie z jednego kilograma wody ciekłej powstaje 1 kg pary wodnej a nie więcej.

Ciepło jest pewnego rodzaju energią, albowiem trzeba wydać pracę, ażeby powiększyć ilość ciepła, zawartą w pewnym ciele; albowiem nawzajem takie ciało może wówczas wykonać pracę, do której przedtem nie było zdolne.



Tablica

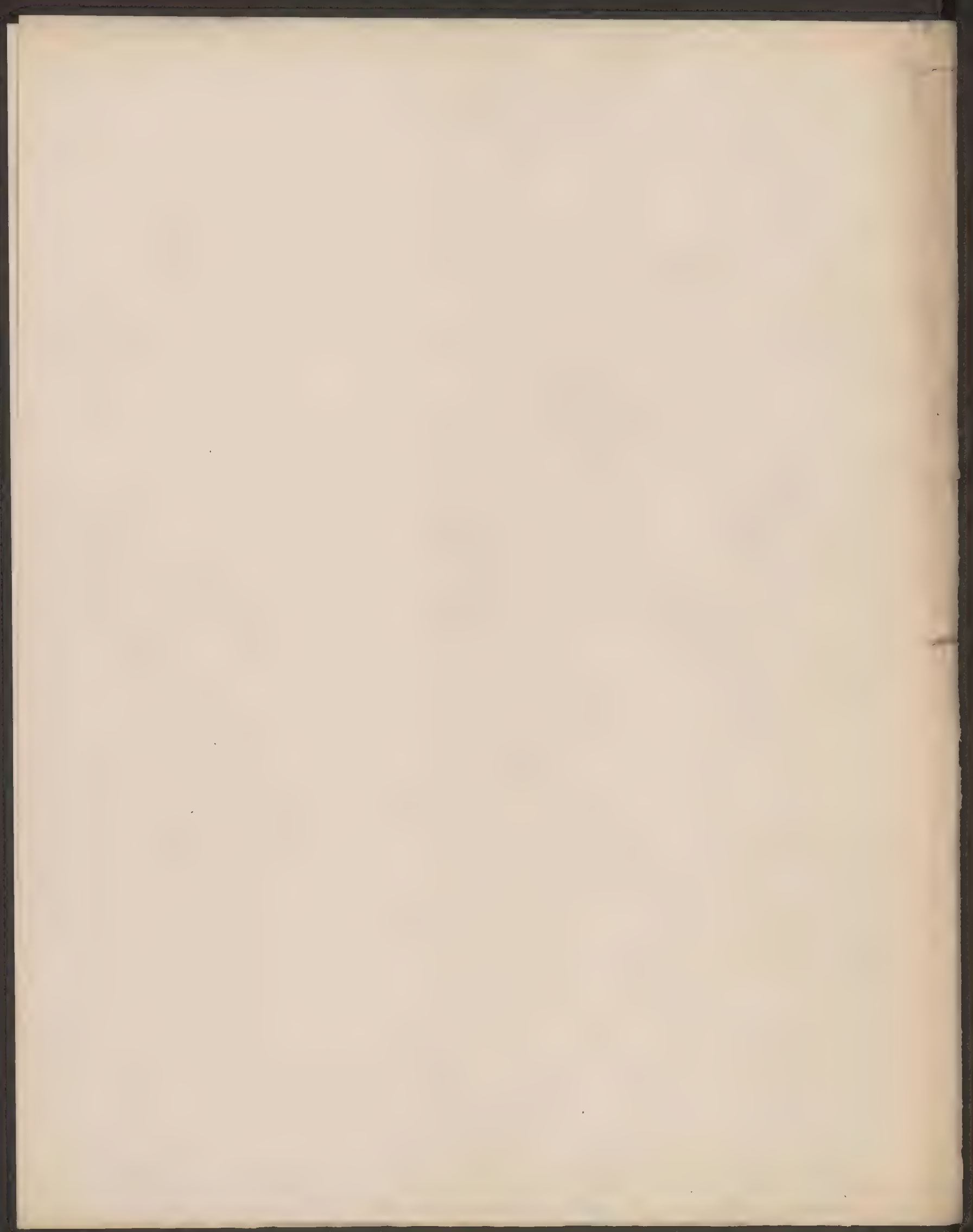
Punkty topnienia

Azot	- 214°	Cyna	+ 227°
Alkohol (zwykły, czysty wysoki)...	- 131°	Ołów	+ 325°
Rtęć	- 39°	Cynk	+ 412°
Woda	0°	Srebro	około + 950°
Masło	+ 31°	Sztuczne	około + 1000°
Stearyna	+ 45°	Medzi	około + 1100°
Wosk	+ 63°	Stal	około + 1300°
Siarka	+ 115°	Żelazo	około + 1800°

Tablica

Punkty wrzenia

Woda	- 244°	Żelazna Siarczyna	+ 290°
Parowatki	- 190°	Chlorki	+ 315°
Etter (tłusty, czysty)	+ 35°	Rtęć	+ 357°
Alkohol (wysoki)	+ 78°	Siarka	+ 448°
Woda	+ 100°	Cynk	+ 950°
Terpentyna	+ 160°	Ołów	około + 1800°



Rozm. V.

Telefon :

Prunice Kutzema ?



ROZDZIAŁ PIĄTY.

O elektryczności.

§ 103. Kwasy działają chemicznie na metale.

Nalejmy wody do szklanki i dodajmy ostrożnie nieco kwasu siarkowego (t. zw. witryolu); następnie do zakwaszonej w ten sposób wody włóżmy (rys. 101., str. 93.) kawałek blachy cynkowej. Zauważymy, że między wodą zakwaszoną a cynkiem zaczyna się zaraz pewne działanie. Woda syczy, kotłuje się i niebawem ogrzewa się wyraźnie. Spostrzegamy dalej, że małe pęcherzyki gazowe wydobywają się na powierzchnię wody; że blacha cynkowej zaczyna ubywać, że woda zakwaszona ją niszczy, przegryza, podobnie jak czysta woda czyni to z cukrem. Mawia się też nieraz, że cynk rozpuszcza się w wodzie zakwaszonej; lecz, co tutaj się dzieje, jest tylko z pozoru podobne do rozpuszczania się cukru, albowiem metalicznego cynku nie można otrzymać napowrót przez odparowanie wody, jak to można z cukrem uczynić. Cynk nie rozpuszcza się właściwie w wodzie zakwaszonej, lecz rozkłada kwas w niej zawarty, tworzy pewną sól (siarkan cynku) i wydziela wodór gazowy, jak wiadomo z Chemii.



Rys. 101.

Mamy tu zatem 1. *działanie chemiczne*; 2. *wydzielanie się ciepła*. Te dwa zjawiska są w ścisłym związku ze sobą; im więcej cynku zamienia się na siarkan cynku, tem więcej ciepła się wydziela. Każdy gram cynku, zamienionego na siarkan cynku, wytwarza pewną *ilość ciepła*, którą można zmierzyć w kaloryach, podobnie jak każdy gram węgla, spalonego w piecu, lub każdy gram nafty, wypalanej w lampie, wytwarza pewną ilość ciepła.

/ dwa zjawiska :

§ 104. Ogniwu elektryczne.

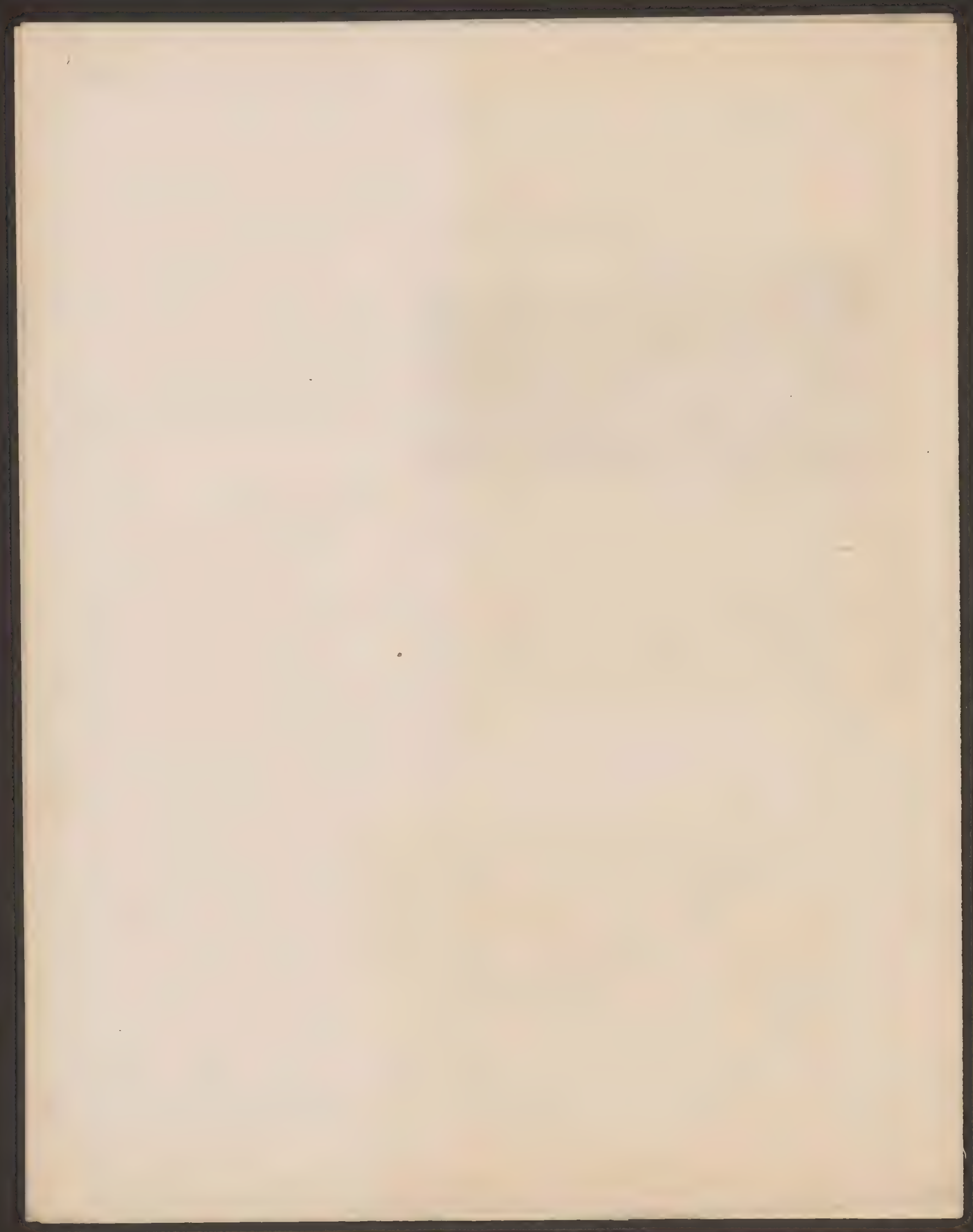
Weźmy teraz dwie blaszki: cynkową *C* i miedzianą *M*, do których przylutowano po kawałku drutu; wstawmy je do wody zakwaszonej, jak okazuje rys. 102. Nazywamy przyrząd podobny *ogniwem elektrycznem*; koniec *D* drutu, idącego od miedzi, nazywamy *biegunem dodatnim (+) ogniw*; koniec *U* drutu, idącego od cynku, nazywamy *biegunem ujemnym (-)*. Połączmy ze sobą końce *D* i *U*, czyli, jak się mówi, *zamknijmy obwód ogniw*; zważajmy jednak, ażeby same blaszki *M*, *C* nigdzie nie dotykały się siebie. Działanie chemiczne pomiędzy cynkiem a wodą zakwaszoną odbywa się wówczas, cynk zużywa się, jak poprzednio, ale pęcherzyki wodoru nie ukazują się na blaszce cynkowej; nieco pęcherzyków ukaże się teraz *na blaszce miedzianej*. Dzieje się tak, jak gdyby wodór w sposób niewidzialny przenosił się przez ciecz z cynku na miedź.



Rys. 102.

↓ tutaj







I ten sam znów

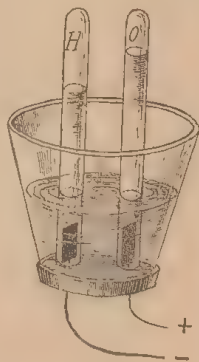




Jak pomiędzy chłodziw, sole ~~...~~ i inne związki ~~...~~ można elektrolizować, podobnie, jak ~~...~~ rozpuszczone w wodzie. W przemysle zaczyna rozprzestrzeniać się obecnie sposób otrzymywania niektórych metali z ich związków, np. glinu (aluminium), polegający na takiej samej zasadzie.

§ 107. Elektroliza wody.

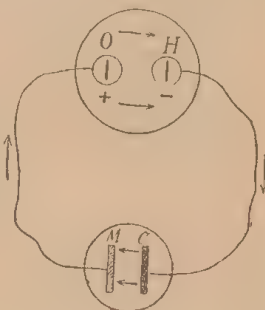
Czysta woda stawia znaczny opór przejściu prądu, jest złym przewodnikiem; nalawszy czystej wody do szklanki (rys. 105.) i przepuszczając prąd, nie dostrzegamy elektrolizy wody. Lecz dodajmy kilka kropel kwasu (siarkowego lub solnego) a natychmiast dwa strumienie pęcherzyków gazowych biegą ku powierzchni, jakby wyrывая się z blaszek platynowych. Ażeby zebrać te pęcherzyki, nakryjmy blaszki zamkniętymi rurkami szklanymi, wypełnionymi również wodą zakwaszoną i przewróconymi nad cieczą, jak pokazuje rys. 108.; przyrząd, tu przedstawiony, nazywa się *woltametrem*. Na biegunie dodatnim wydziela się tlen (O_2), na ujemnym — wodór (H_2); wodoru jest na objętość dwa razy więcej niż tlenu. (Do tego doświadczenia potrzeba mocnego prądu; najlepiej użyć kilku ogniw, opisanych niżej w § 109.).



Rys. 108.

O_2 i.e. Oxygenium
 H_2 i.e. Hydrogenium

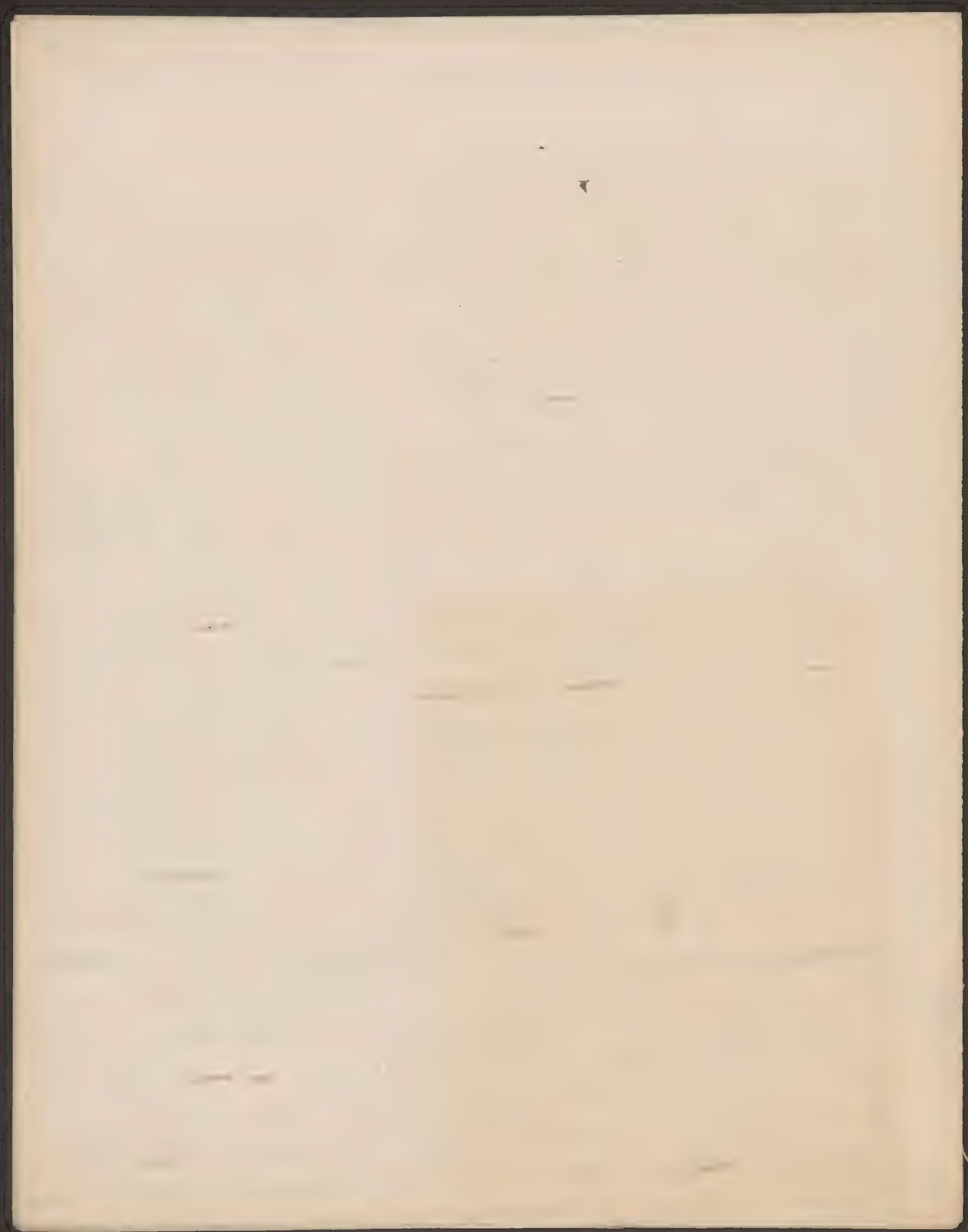
Rozumiemy teraz, dlaczego w ogniwie wydziela się wodór, skoro tylko obwód jest zamknięty (§ 104.). Albowiem prąd przechodzi wówczas przez wodę zakwaszoną ogniwa i wodę tę elektrolizuje. Dlaczego zaś na miedzi wydziela się wodór? Wystawmy sobie (rys. 109.) ogniwo *MC* (dla uproszczenia narysowano tylko jedno) oraz woltametr *OH*, w którym elektrolizuje się woda; wszystko to jak gdyby przecięte poziomą płaszczyzną. Wiemy, że prąd przechodzi jak gdyby dokoła przez ogniwo i przez cały obwód. Idźmy np. od miedzi *M* do bieguna *O* w woltametrze *OH* i taksamo dalej, jak wskazują strzałki; widzimy, że wodór w woltametrze zbiera się tam, gdzie wychodzimy z cieczy t. j. w miejscu *H*. W ogniwie idziemy od *C* do *M*, wodór przeto w ogniwie zbiera się znowu tam, gdzie wychodzimy z cieczy t. j. na miedzi *M*.



Rys. 109.

~~Woda w ogniwie MC jest zakwaszona, a w woltametrze OH jest czysta. Woda w ogniwie MC jest zakwaszona, a w woltametrze OH jest czysta. Woda w ogniwie MC jest zakwaszona, a w woltametrze OH jest czysta.~~









jakby otwórki i zethurste ze sobą ostrami. Gdy nieco rozsunemy pręciki, tworzy się pomiędzy nimi nowy prąd, który rozpala do brzości ostrza węzłków a zapalne po uszere się stopia i zamienia na parę. ~~W~~ ~~Cz~~ ~~ty~~ ~~ki~~ ~~ni~~ węzła odrywają się przeto od dodatkowego bryna, po uszere ~~ni~~ spalają się w dół, a po uszere bryna na uszere i odrywają się na nowo. Wskazywano wówczas otopianie. Budowa lamp. Taka ścieżka pomiędzy wyłożeniami ostrami (rys.). ~~L~~ ~~amp~~ ~~ele~~ ~~kt~~ ~~ry~~ ~~cz~~ ~~ep~~ ~~el~~ ~~l~~ ~~uk~~ ~~ow~~ ~~el~~ polega na takiej zasadzie. Na niej również polega urządzenie przeciw elektrycznym, które wytwarzają najwyższe ~~temperatury~~ ~~temperatury~~ temperatury, otrzymane dotychczas przez człowieka (od 3000° do 4000°).

§ 111. Opór drutu.

Przypuśćmy, że przez drut metalowy płynie prąd elektryczny. Drut stawia pewien opór prądowi; wiemy istotnie, że drut ogrzewa się wówczas (§ 105.) a zatem dzieje się tutaj tak, jak gdyby prąd napotykał w drucie na tarcie, które przewycięża, przez co powstawałoby ciepło. Wystawmy sobie, że przez rurę np. PQ (rys. 113., str. 100.) płynie woda, pchając przed sobą tłok T. Tarcie tłoka i wody o ścianki wytwarzałoby pewien opór dla płynięcia wody; część energii ruchu zamieniałaby się, skutkiem tarcia, na ciepło (zob. § 98).



Rys. 113.

Wiemy wyprawnie (por. §), że prąd elektryczny nie jest bynajmniej przyswyciem jakiegokolwiek płynem po drucie; ale, ~~podobnie~~ jak ruch wody w rurze PQ jest źródłem energii, podobnie prąd elektryczny w drucie jest źródłem energii. Istotnie, wiemy z § 90, że prąd elektryczny

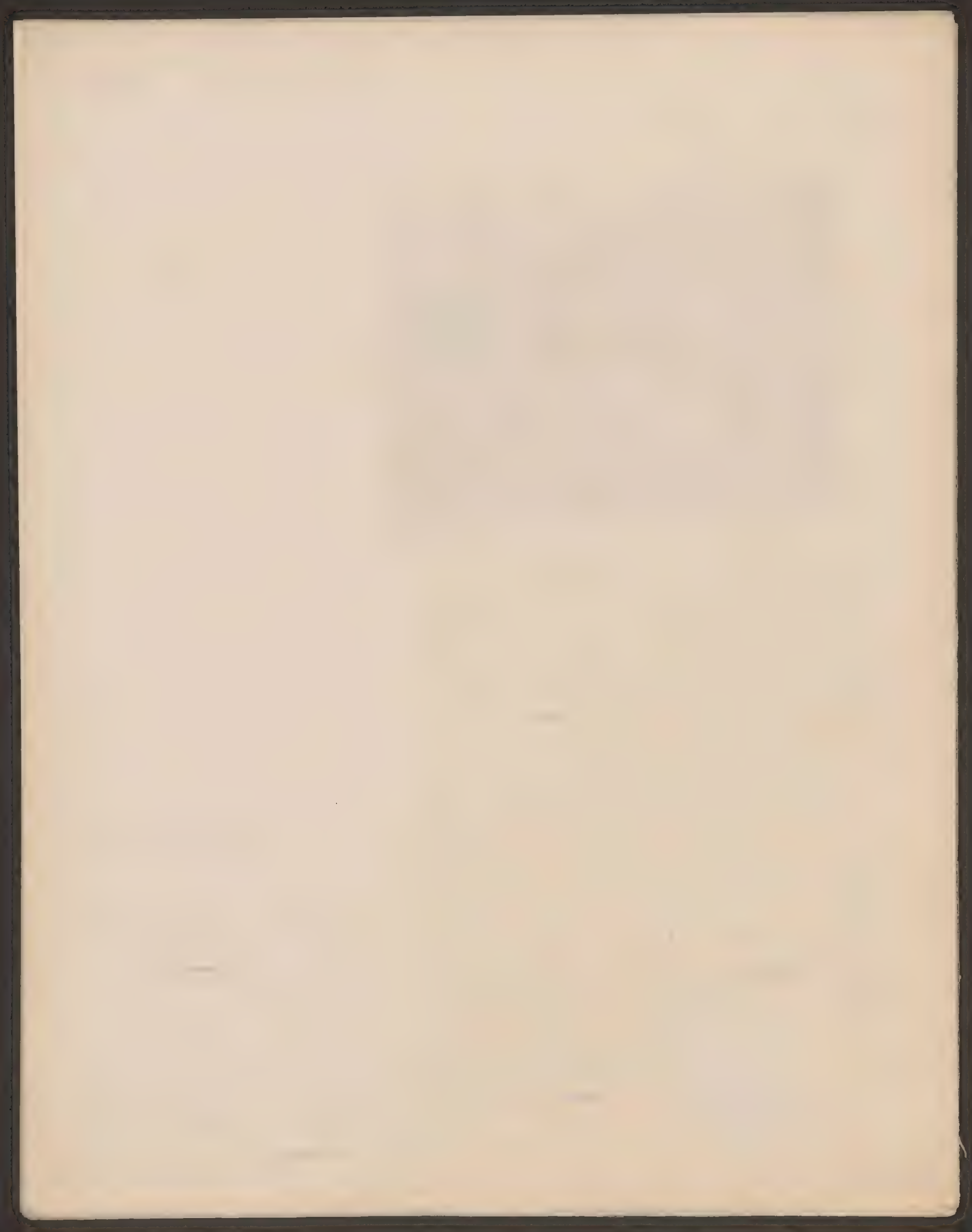
ma energię; dzięki tej energii prąd może nabić voltametry i akumulatory, zasycić lampy, topić cienkie platynowe druciki. Kiedy prąd przedostaje przez rozgrzany drut metalowy, energia prądu zawsze wytwarza ciepło; zupełnie podobnie, podczas ruchu wody w rurze PQ, część energii przyswyciem zamienia się ~~zawsze~~ ~~zawsze~~ na ciepło. Posunięcie tłoka T np.

o jeden centymetr wymaga przewyciężenia pewnego tarcia, zatem wytwarza pewną ilość ciepła; jakkolwiek drogę woda odbyła już w rurze poprzednio, przed dojściem do miejsca T, posunięcie się jeszcze o jeden centymetr wytworzy zawsze pewną nową ilość ciepła. Podobnie dla prądu: jakkolwiek długo już trwa prąd elektryczny w drucie, przejście nowego prądu przez każdy centymetr tego drutu wytworzy zawsze pewną nową ilość ciepła.

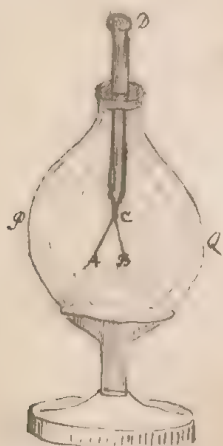
Mówimy, że rozmaite druty stawiają rozmaity opór temperaturze prądu, zależnie od tego, ile ciepła wytwarza się w nich z energii tego prądu. Pomerzamy np. w otworze ognia (lub białej) dwa





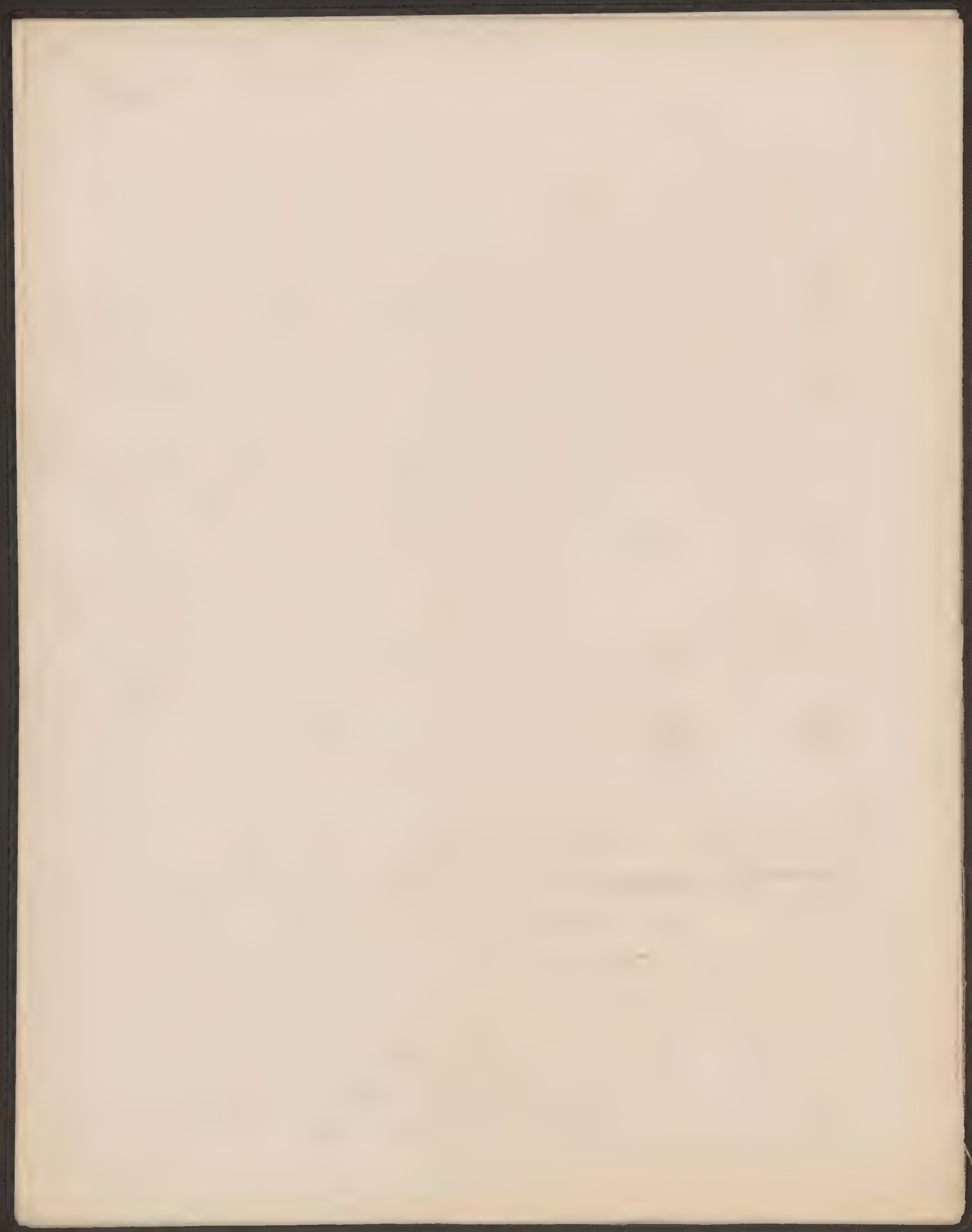


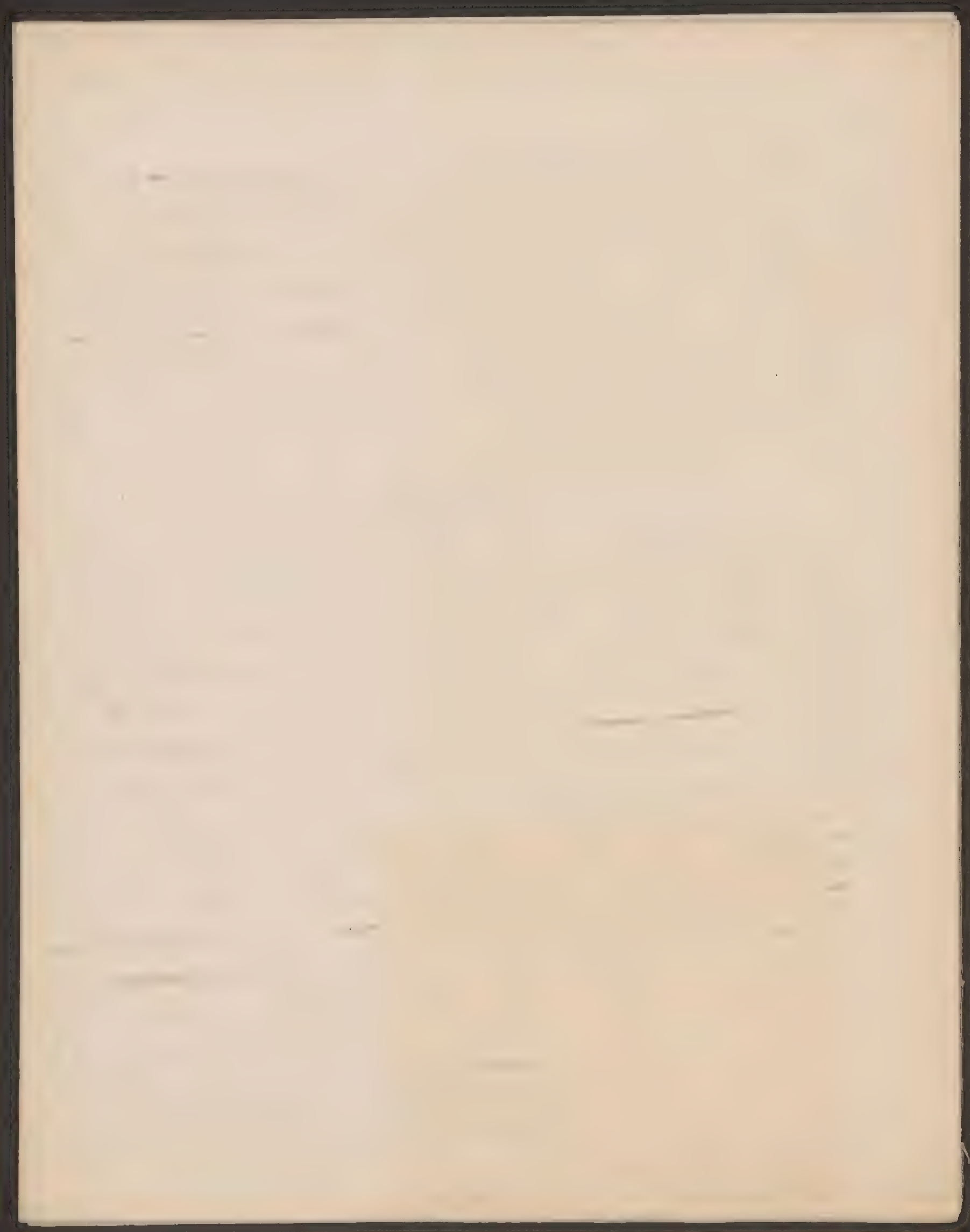
metalicznie jedną tafelkę kondensatora, np. górną, z biegunem dodatnim ognowa lub baterji, drugą zaś, dolną, z biegunem ujemnym. Wiemy wówczas, że na tafelkach gromadzą się ładunki elektryczne. Ładunki te będą tem większe, im większa jest rozległość pola tafelki i im mniejszy jest między nimi odstęp. Oddzielony więc kondensator od ognowa lub baterji; ładunki elektryczne, nie mogą ani się poruszyć przez izolującą warstwę, ani odpłynąć poza nią, ponieważ, ~~nie~~ zostają na tafelkach i przechodzą ^{upr.} na nich bez straty. Zdejmijmy górną tafelkę i dolną, będącą mogłyby każdej z pomiędzy dwóch ~~małych~~ ładunków.



Mozna wykazać istnienie nierówności nawet ładunku za pomocą elektroskopu, wyobrazonego na rys. Na przecie metalowym CD wiszą dwa cienkie listki złote AC, BC ; pręt jest izolowany przez barierę szklaną PQ , która jednocześnie ochrania listki złote od wpływu powietrza i t.p. Gdy elektroskop jest w ^{stanie} ~~spoczynku~~ ^{spoczynku}, listki AC, BC wiszą pionowo obok siebie. Dotknijmy w miejscu D np. górną tafelkę kondensatora, który nadawałoby się za pomocą baterji lub ognowa; listki rozchylą się, jak na rysunku. To

pokazuje, że dwa ciała, które otrzymały ładunek elektryczny z tego samego bieguna (tu mianowicie ~~z dodatniego~~ z dodatniego bieguna) odpychają się i, jeśli mogą, oddalają się od siebie. Istotnym dotknięciem w miejscu D dolną tafelkę, spowodujemy podobne rozchylanie się listków. Dla krótkości mówimy, że tafelka kondensatora, która otrzymywała ładunek z dodatniego bieguna, elektryzuje się dodatnio, lub że otrzymuje dodatni ładunek; podobnie mówimy, że druga tafelka elektryzuje się ujemnie, czyli otrzymuje ładunek ujemny. A zatem przekonaliśmy się: że dwa ciała odpychają się, jeśli są naelektryzowane bądź oba dodatnio, bądź oba ujemnie. Jednocześnie uwzględniamy sposób wykrywania stałych nawet ładunków elektrycznych.



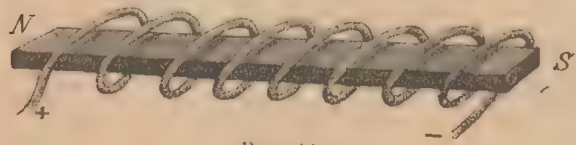


Uderzenie dwóch kawałków metalu o siebie elektryzują je. Kawałek korka, przyciśnięty do kawałka bursztynu, okazuje się naelektryzowany, podobnie jak i bursztyn. ^{Przy pomocy} karta nowego papieru, lub papieru, podłożonego płótnem, możemy przekonać się, że obie części są naelektryzowane. Kawałek narki, stopionej w okładce pacowniczki, elektryzuje się podczas sygnalizacji; woda, ~~opadająca~~ ^{uleciająca} uleciająca się na otwartym powietrzu, elektryzuje się i t. d. ~~Widzimy~~ ^{Widzimy} Elektryzowanie się ciał jest ^{zwykle} (względnie często i pospolitem zjawiskiem). Jakiś czas wcześniej jest źródło elektryzowania się, czy to zderzenie, czy łusniecie, ciosanie, uderzenie, rozciąganie, ~~rozciąganie~~ ^{rozciąganie} rozciąganie czy ~~rozciąganie~~ ^{rozciąganie} ulatnianie się, zawsze powstają dwa ładunki: jednoznaczne, jeden dodatni, drugi ujemny i uwarunkują się na ciałach sąsiadach. ~~Widzimy~~ ^{Widzimy} Wszystko tak, jak gdyby dwa przecięte ~~ładunki~~ ^{ładunki} już istniały poprzednio, rozdzielone ze sobą i tylko rozdzielają się za naszym działaniem.

Elektryzowanie się bursztynu za potarcieniem było znane już starożytnym; w lat od wyrazu greckiego „elektron” (który znaczy „bursztyn”) pochodzi nazwa elektryczności. Jednakże dopiero od końca XVIII-go stulecia rozprószył się w szybki rozwój nauki o elektryczności, w czem znaczną zasługę ma włoski fizyk Volta. Nauka ta dzisiaj stanowi jedną z ~~najbliższych~~ ^{najbliższych} i najpotężniejszych części fizyki i jest źródłem mnóstwa ważnych zastosowań w ~~pracy~~ ^{pracy} życiu cywilizowanych narodów.

§ 113. Elektromagnes.

Cienki drut miedziany okręćmy starannie jedwabiem (lub bawełną, napojoną następnie woskiem stopionym); taki drut nazywa się izolowanym. Weźmy sztabę z miękkiego żelaza NS (rys. 116.) i okręćmy ją drutem izolowanym; następnie przepuśćmy prąd przez drut izolowany. Prąd nie przechodzi przez jedwab ani przez woskową bawełnę a zatem musi okrążyć sztabę tyle razy dookoła, ile jest skrętów; przez samą sztabę wcale płynąć nie będzie.



Rys. 116.

Zobaczmy, że sztaba nabiera nowych własności, tak zwanych magnetycznych: przyciąga np. gwoźdźki lub opłki

żelazne. Podnieśmy sztabę do góry; opłki trzymają się jej z obu końców jak gdyby przyklejone; przerwijmy prąd a opadną natychmiast. Podobny przyrząd nazywamy elektromagnesem. Powiadamy, że elektromagnes ma własności magnetyczne, dopóki prąd elektryczny krąży koło sztaby; przerywając prąd, odbieramy mu te właściwości, powodując prąd, przywracamy je ~~przez~~ ^{przez} napowrót.



(podopisem danego prądu)

Aby dana stal była relazna (stawała się) możliwie silnym elektromagnesem, trzeba, żeby jej prąd obiegł możliwie znaczną, krótką rurę; dlatego też, budując elektromagnesy, nakładają rurę żelazną możliwie gęsto, jeden lub trzy razy. Jest to stalowa rurka, jak na rys. przy brzozy własności magnetycznej, przyciąga przeważnie na swoich końcach, czyli tzw. biegunach; ku środkom przyciąganie jest słabsze. Aby stała się biegun magnetyczny, przyciągać, budując elektromagnesy, zamierzaj w kształcie litery U lub podkowy.

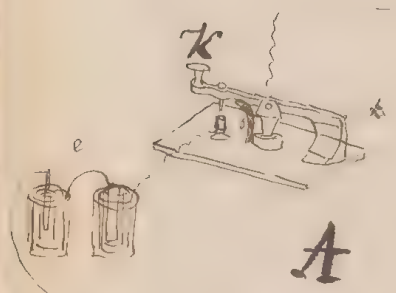


magnetyczna.

Jestli przez elektromagnes podobny przepuszczali prąd bardzo słaby, stary magnetyzm. Im większy prądem biegującym go wzbudzali, tem bardziej wzrastał jego magnetyzm; zatem przechodząc do pewnej siły prądu, przyrost magnetyzmu był coraz powolniejszy. W skrajnym przebiegu, ze przy takim prądzie, żelazo już jest magnetycznie nasycone; prąd już nie wzrasta w siłę i silniejszy

Telegraf elektryczny.

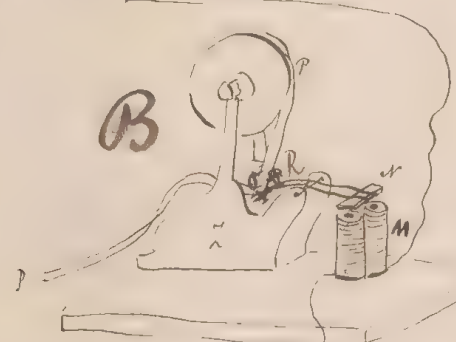
Wyobraźmy sobie dwa miasta A, B, oddalone od siebie np. o 100 kilometrów. Przypuścimy, że w



A - Bateria
K - klucz
A - dzwonek
A - ziemia

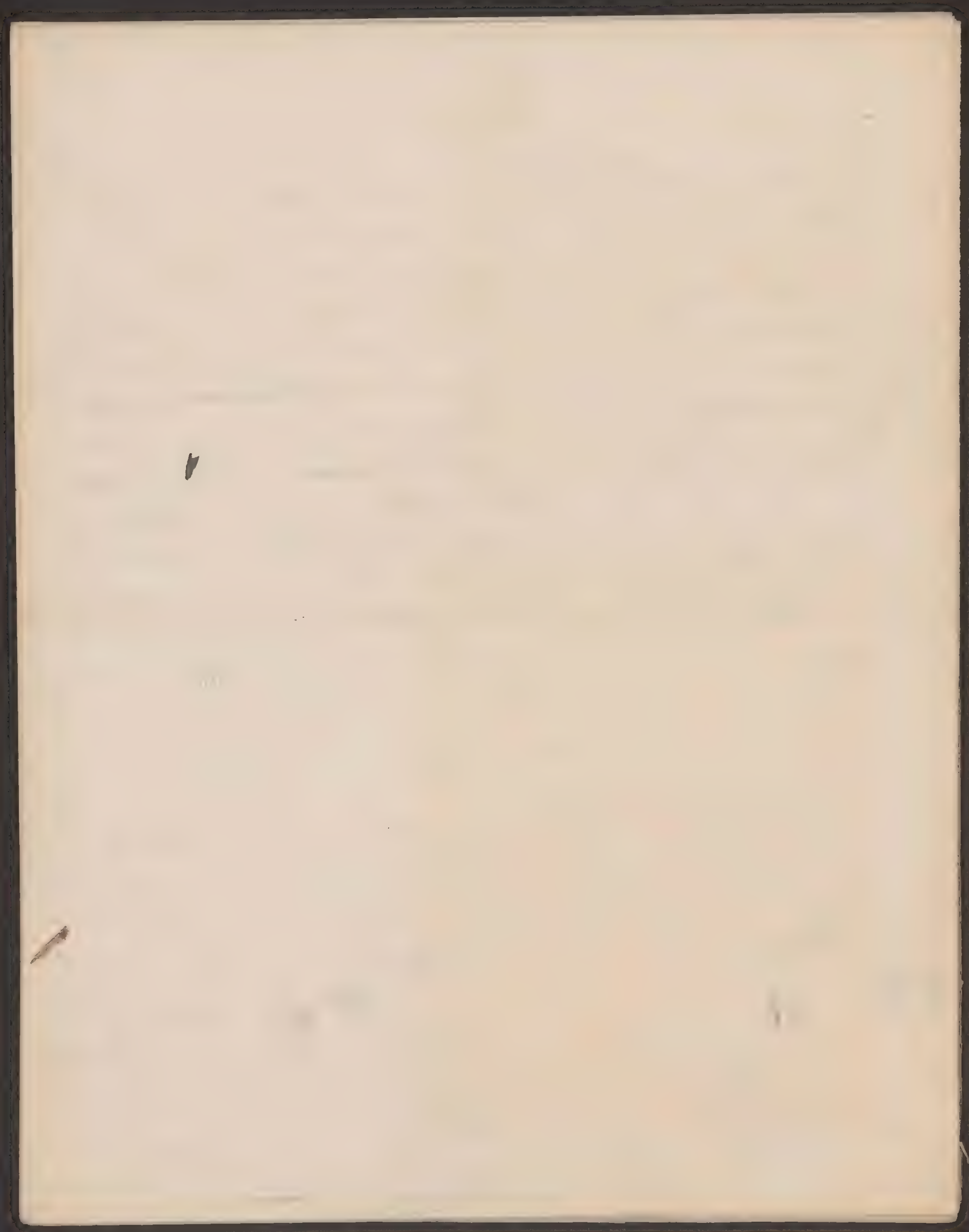
Linia telegraficzna

"linia" telegraficzna



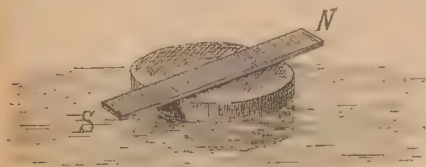
B - dzwonek
RN - dzwonek
M - el. magnes
PP - bateria prądu
B, Z - ziemia

miastem między A (np.) znajduje się bateria elektryczna e i "klucz" K, za pomocą którego można przesyłać prąd w obwodzie telegraficznym. W drugim mieście B znajduje się dzwonek, zbudowany z elektromagnesu M (np.) z którym A, oddany na dzwonek





Usuńmy zupełnie sztabkę a igielka *NS* wykręci się na ostrzu i ustawi się w pewnym określonym kierunku; jeśli odchylimy ją lekko, powróci do tego położenia. *Koniec N igły wskazuje mniej więcej na północ* (w naszych okolicach wskazuje nieco na zachód od północy); *koniec S wskazuje mniej więcej na południe*. Takie igielki w przyrządach, zwanych *busolami* lub kompasami, służą marynarzom i podróżnikom do odnajdywania kierunków północy i południa. A zatem ~~ziemia~~ ~~nasza~~ zachowuje się, jak gdyby była magnesem i jakgdyby miała dwa bieguny, położone mniej więcej w jej istotnych, geograficznych biegunach.



Rys. 120.

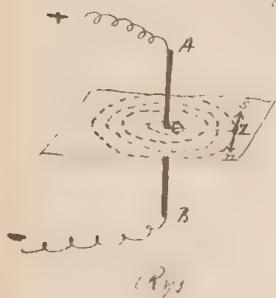
PolóŜmy magnes *NS* na duŜym płaskim korku a korek umieścimy na wodzie (rys. 120.). Magnes wykręci się i ustawi się tak, jak igła magnetyczna, ale nie popłynie całości ani na północ, ani na południe. Biegun północny ziemi przyciąga np. koniec *N* magnesu, ale równie mocno odpycha jego koniec *S*; dlatego *ziemia wykręca magnes*, ale go *nie pociąga* ani w jednym ani w drugim kierunku.

Y w dotychczasowej poprzednim (rys.)

↓ kula z r. moka

55 Drżanie prądu na magnes.

Widzieliśmy w § 5, że prąd elektryczny, płynąc po drucie, wytwarza w pobliżu tego drutu siłę magnetyczną ~~stałą~~ : w stali trwałą, w miękkim żelazie tylko przejściową. Zbadajmy teraz dokładniej siłę magnetyczną ^{jaka jest} ~~całkowita~~ w pobliżu prądu. Przeważamy prąd elektryczny, przez

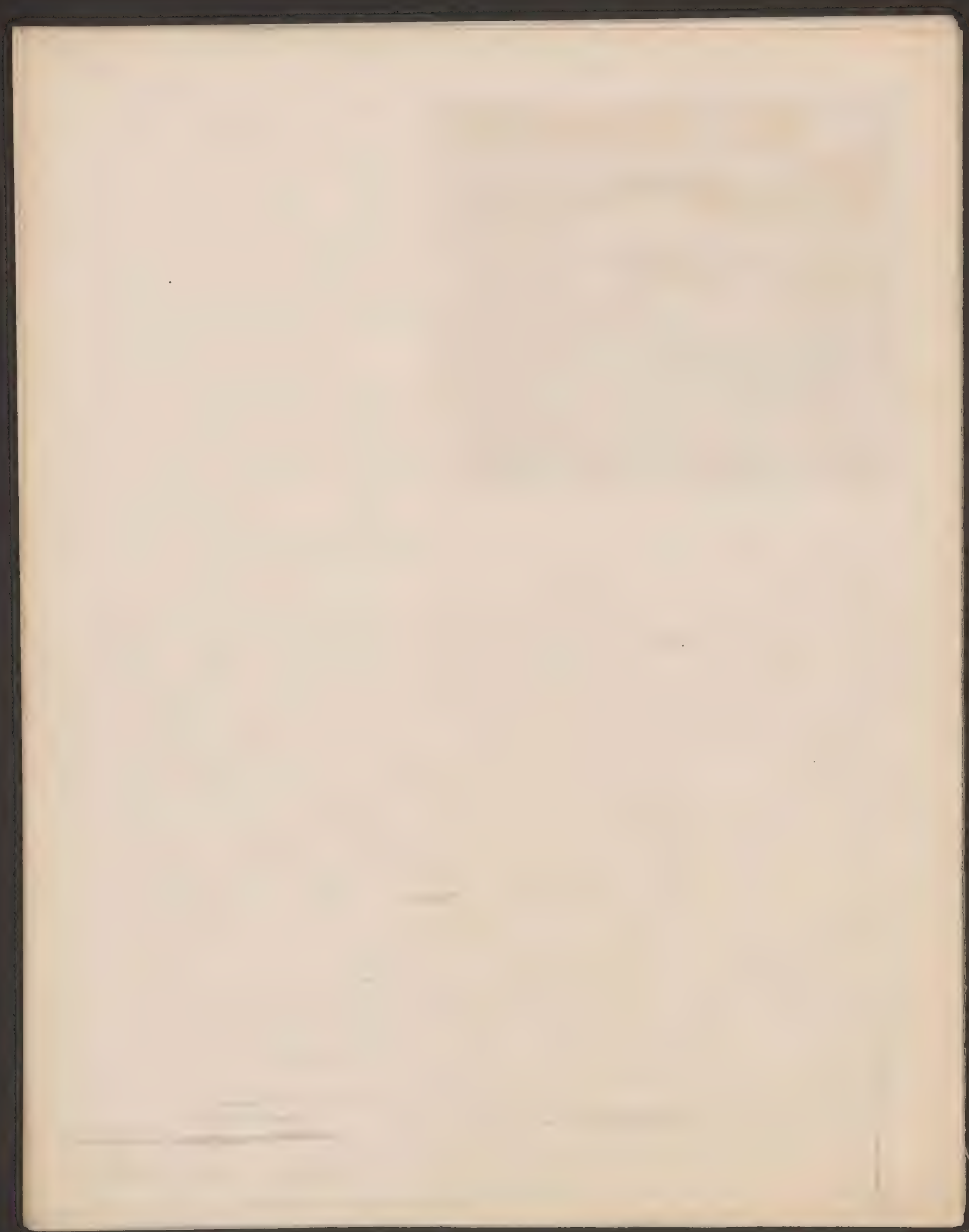


proszek metalowy AB (rys.), na którym umocowaliśmy poprzecznie kaski z tektury. Jeśli porzucimy kaski opitkami żelaznymi, zobaczymy, że (za lekkim wstrząśnięciem) opitki układają się w kształcie kóšek, których środkiem jest magnez. Rząd oczywiście magnetyzuje każdy kawałek żelaza i, skoro tylko może, wykończa go; kawałek z np. ~~z~~ z ustawia się w kierunku sn, stykającym

Zupełnie podobnie działa przed na gotowy fuz magnes, ~~który~~ który ^{się} znajduje się w potrzebie. Weźmy np. igiełkę magnetyczną NS z doświadczenia, wyobrażonego na rys. 119; usłania się ona sama przez siebie, pod wpływem ziemi, w kierunku NS.



(rys. 1), po którym przynajmniej jedna igła ustawi się ~~tylko~~ w kierunku ns,^{t.j.} ~~tylko~~ przypadkiem do linii cz. ~~tylko~~ i do ~~tylko~~ kierunku AB,
zapewne podobnie jak w doświadczeniu poprzednim (rys. 2). Wpływ prądu jest sil-
niejszy niż wpływ ziemi, dlatego igła przyjmuje natychmiast położenie ns, ~~tylko~~



choć w połowie nie zgodzi się z kierunkiem NS, do którego zwraca ustawały (doprowadzić).

~~główny~~. Jeśli nureczny porusza drut AB,
pozw. który przed ^(m.) ~~główny~~ igłą magnetyczną
ustawia się znowu prostopadle do linii cz i prostopadle
do kierunku AB, toż. ustawia się w położeniu ns,
jakkolwiek ^z (położenie nie zgadza się z kierunkiem
NS, do którego zawsze ustaje doprowadzi igłokę.

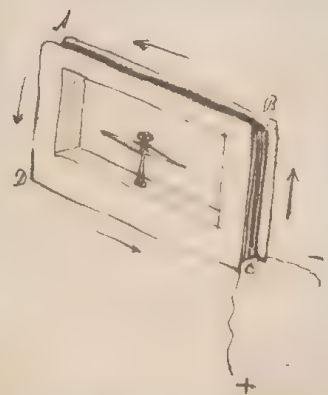
Rys. X.

[illegible]

Rys.

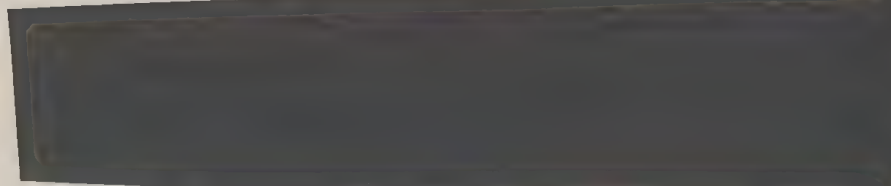
Rys.

Na drutami prądu na igła magnesowa zasada się bądowa
galwanometrów, przyrządów, służących do mierzania siły prądu, oraz
galwanoskopów, których zadaniem jest wykrywać obecność ~~wprawy~~ ~~elektrycznej~~ występującej w
prądzie w danym obwodzie. Ten prosty galwanoskop widzimy na rys. Na ramce drewnianej
nawinięty wielki zwojów ~~z~~ drutu doskonale izolowanego; wewnętrznie znajduje się igła magne-
tyczna. Z poprzednia, czyli doświadczenia łatwo widzimy, że czołowi drutu, leżące np. w NB,



Rys.

na jego list zgodne ~~z~~ z Matanem oczywiście i d.



S

Zjawisko indukcji

Rys.

Pomiedzieliśmy, że prąd wytwarza się magnetyczną w swym sąsiedztwie; istotnie wytwarza się nietylko wtedy, kiedy w sąsiedztwie znajduje się żelazo lub stal, wytwarza się również zawsze, choćby np. w powietrzu, które go otacza; tylko w powietrzu siła magnetyczna nie sprawia skutków tak wyraźnych jak w żelazie ani twardej jak w stali. Zbudujmy cewkę z drutu izolowanego, przez który przepływa prąd (rys. 140). Cewka zachowuje się wówczas, jak magnes: ma dwa bieguny, które repulsja lub przyciąga bieguny zwykłego magnesu. ~~(rys. 140)~~ Jeśli odwrócimy kierunek prądu, biegun N cewki staje się biegunem S, biegun zaś S dawny przechodzi w nowy biegun N.

Wykonajmy teraz doświadczenie następujące. Z obrotu cewki C (rys. 141) usunąmy baterję, natomast wprowadzimy w ten obwód cewkę galwanoskop. Następnie, nałóżmy ręką, opuszcimy magnes NS do wewnętrznego wydrążenia cewki. Zobaczymy, że w chwili zbliżenia ~~do~~ magnesu, w cewce błądzi się prąd, który natychmiast zanika, skoro tylko magnes ustaje. Gdy magnes znajduje się w cewce, lecz jest w spoczynku, prądu nie ma; jeśli go nagle wyjmujemy, spotkamy na galwanoskopie ~~znowu~~ znowu chwilowe pojawienie się prądu, skierowanego przeciwnie niż pierwszy.

Łatwo możemy, że doświadczenie, które wykonaliśmy tutaj, jest dokładnem odwróceniem poprzedniego doświadczenia. W poprzednim doświadczeniu prąd elektryczny, krążąc po zwójach cewki C, przyciągał lub odpychał magnes NS tj. usiłował go zbliżyć lub oddalić od siebie. ~~Przyjmijmy~~ ^{np.} ~~że magnes~~ ^z wisiał po jednej stronie wagi i że z drugiej strony położono ciężarki, które równoważyły ciężar magnesu. ~~(Prąd w cewce zbliżał lub oddalał magnes; widać wykonywał pracę; energia elektryczna zamieniła się w pracę mechaniczną.)~~ W doświadczeniu obecnem, ~~przeciwnie~~ ^{natomiast} my ~~dotykamy~~ ^{dotykamy} pracy, ~~z~~ zbliżając magnes lub oddalając go i ~~praca nasza~~ ^{praca nasza} przemienia się w energję prądu, energję, która (jak wiemy) może przybrać następnie ~~postać energii cieplnej, mechanicznej, chemicznej, itp.~~ ^{postać energii cieplnej, mechanicznej, chemicznej, itp.} Ponieważ, w tem drugim doświadczeniu, ~~z~~ ^z ~~inducją~~ ^{inducją} ~~musimy~~ ^{musimy} ~~my~~ ^{my}

18



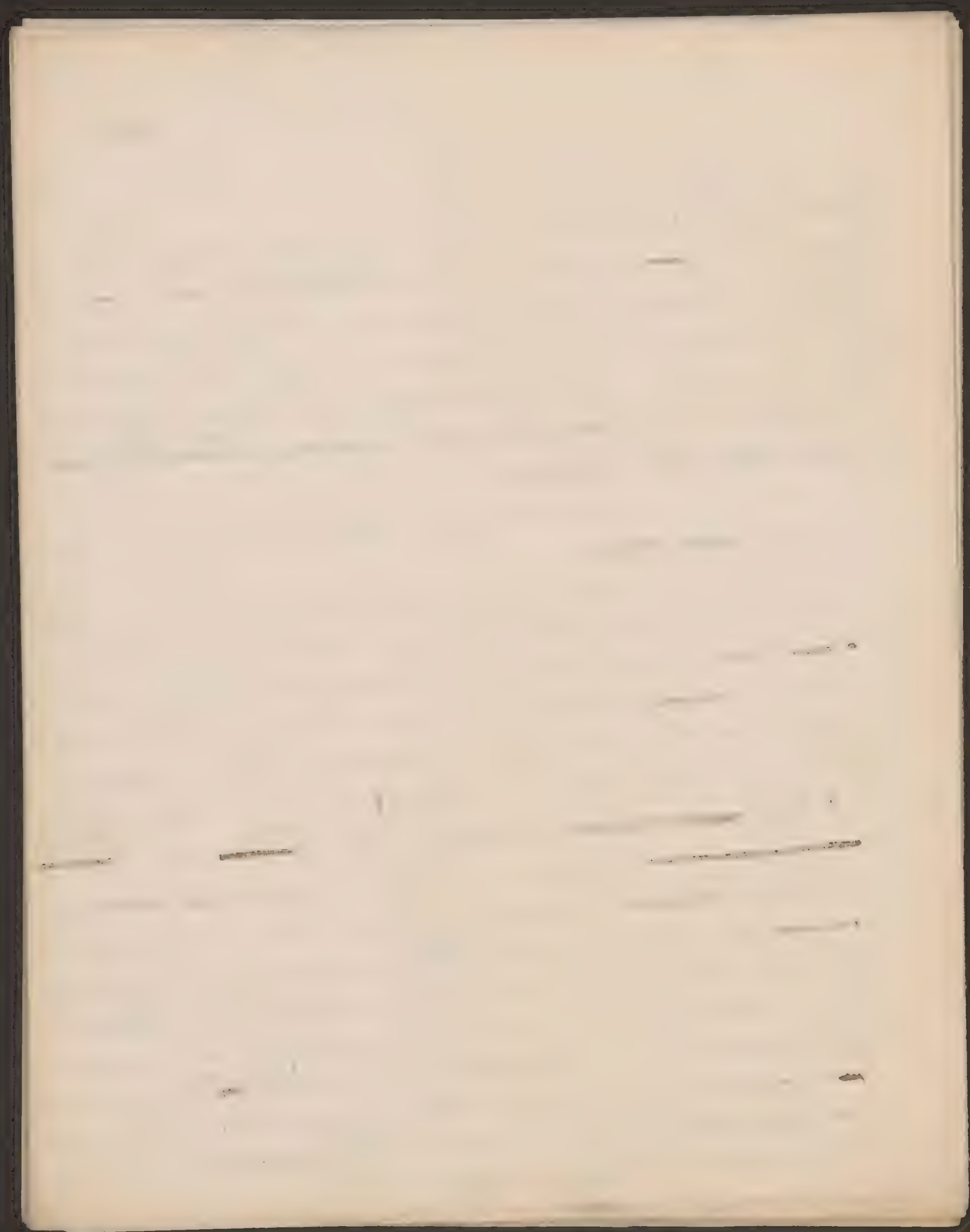
18

dostarcza pracy (albowiem energia elektryczna nie może powstać z niczego), więc: gdy wnoszemy
 magnes do cewki, ~~prąd~~ prąd, który powstaje, musi być ^{tego rodzaju, iż} ~~odpycha~~ odpycha magnes od cewki;
 to odpychanie przerwyższamy i ~~wydzieramy na to~~ naszą pracę. Gdy wysuwamy magnes
 z cewki, prąd, który się tworzy, musi mieć kierunek taki, iż przyciąga magnes ku cewce; to przy-
 ciągnięcie przerwyższamy i na to ^{musimy} wydajemy pracę. W obu wypadkach będzie się prąd taki, że przeska-
 dza naszemu działaniu. ~~Tak więc, jeżeli magnes wchodzi do cewki, to energia nie może być dostarczona~~
~~przez cewkę, jeżeli jest ona izolowana.~~

Prąd, tworzący się w opisanym sposób, nazywa się indukowanym; zjawisko ^{to} nazywa
 się indukcją. ~~Indukcja~~

Jeżeli, zamiast zbliżyć magnes ku cewce lub oddalać go od niej, spróbujemy zbliżyć cewkę
 ku magnesowi lub oddalać ją od magnesu, dostrzeżemy tworzenie się prądów indukowanych
~~prądów~~ takich, jakie poprzedziliśmy wyżej. Powiadamy zatem, że zjawisko indukcji
 zależy tylko od ~~wzajemnego~~ ruchu magnesu i cewki ~~względem~~ siebie wzajemnie, czyż od ich ruchu
względem. Inaczej też być nie może według tego, co powiedzieliśmy o tworzeniu się energii prądu
 z pracy, której (w zjawisku indukcji) musimy dostarczać.

Maszyny ~~elektryczne~~ dynamoelektryczne, polegają na ^{podanej} zasadzie. ^{Prąd} ~~Prąd~~
~~prąd~~ odprowadzający cewkę w doświadczeniu powyższym ~~prąd~~, ~~prąd~~ porusza
 się w zgodzie z ^{trybem} ~~trybem~~ elektromagnesu; w ten sposób tworzą się owe poleczne prądy
~~prądy~~, którei potrzebują ^{co raz bardziej} ~~co raz bardziej~~ ^{wzrastają} prądów elektrycznych. Do poruszania takich
 „dynamomaszyn” potrzeba ogromnych ilości pracy, których dostarcza, młoty parowe, ^{sily wodne itp.} ~~silniki~~ p. jez. i
 przeciwnie, dynamomaszynę bieżącą zasila ~~prąd~~ gotowym prądem, wówczas będzie ona dostarczała
 pracy; natomiast więc, jakim sposobem ~~prąd~~, zapowiadając dynamomaszynę, ^{można ją zastąpić} ~~prąd~~ energią mechaniczną,
 np. energią spadków wody, zamienić na elektryczną, przesyłać po drucie do innej miejscowości
 i tam ~~prąd~~ ~~prąd~~ napowrót zamienić na mechaniczną, ~~prąd~~ ~~prąd~~ ~~prąd~~. Postępowanie takie
 nazywamy elektrycznym przeniesieniem lub przeniesieniem energii.



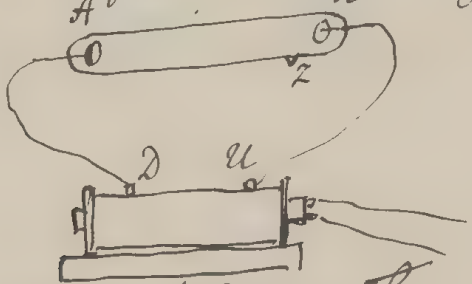
nia prądu pobieranie podobne do tego jakiego się wrywa w dronkach elektrycznych. Zmęta spowolnienie i zamykanie prądu nie ma żadnego znaczenia, może być jakikolwiek.

S. — Dziwudowania z induktorem

a) Jeżeli wyprostowany w nich przewód prądu zmiennego podłożymy na trójkątach D i U cewki miedzianej silnie wstrząśnięcia oprawione przez elektryczne prądy indukcyjne powstające w cewce C, przy każdym zamknięciu i przy każdym przerwaniu prądu w elektromagnecie

b) Napięcie prądu indukcyjnego będzie tem większe im więcej drutu nawiniętego na cewce C. Z tego powodu drut owinięty na cewce bywa cieńszy, a bardzo długi (długość jego wynosi na wielokrotność induktora kilka mil). Na elektromagnecie cewce nawinięty jest drut niedługi ale gruby, żeby prąd baterji nie spotykał w nim znaczącego oporu. W tych warunkach induktor dostarcza prądu o taki wielkiem napięciu, że można utworzyć sobie drogę nawet przez powietrze i utworzyć iskry elektryczne. Widziemy to na fig — gdzie do śrub D i U przyniesione są dwa kawałki drutu, których końce nie stykają się. W tej chwili pojawia się iskra za ich końcami, przy każdym przerwaniu prądu.

c) Jeżeli powietrze było rozrzedzone, wówczas można by było drutów znacznie więcej przesunąć a prąd indukcyjny przechodziłby mimo to. Do tego doświadczenia używa się szklanej rurki albo banki A K we wnętrzu której przed jej zamknięciem, czyli zalutowaniem (w K), rozrzedza się powietrze za pomocą pompy. Przez szklaną rurkę wchodzi do wnętrza dwa metalowe druciki A i K, zalutowane do metalowych płytek. Druciki te tworzą ze szklaną induktorem. Prąd indukcyjny przechodzi przez powietrze rozrzedzone, ale nie tworzy w tym czasie iskry, tylko daje

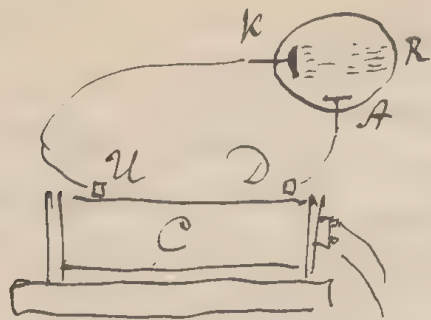


wyspecjalnie świecąca, którą zajmują, prawie całą rurkę, od A do K.

d) Jeżeli w podobnej rurce powietrze będzie rozrzedzone do najwyższego stopnia, jakiego da się osiągnąć za pomocą najlepszych pomp powietrznych, wówczas zjawisko przedstawia się jeszcze inaczej. Tęca rurka prawie zupełnie, a natomiast z jednej z płytek metalowych K (która jest katodą) wychodzi promienie, które przebiegają przez rurkę w liniach prostych i kończą się dopiero na naprzeciwległej ścianie rurki. Promienie te wychodzą z tej płytki, która jest katodą (S...) wobec prądu indukcyjnego powstającego przy przerwaniu prądu baterji; z tego powodu mówią o promieniach katodowych. Promienie te świecą bardzo słabo, ale natomiast szło samą rurkę świeci jasnym różowym światłem, tam gdzie je trafiają, promienie katodowe

e) Niedawno odkrył Röntgen, że z tych świecących pod wpływem promieni katodowych ścian rurki wychodzą, nie doświadczenia, nadawanie światła w znacznym stopniu niewidzialne, ale oddające nadzwyczajnie wielkie światło. Na płytce fotograficznej podobnie jak zwykłe światło. Nadto niżej, jasne świecenie w pewnych ciatach swarych fluorydujących. Złoty baranek Karla papieru przyprawy takim fluorydującym platynowym baranym świeci się pod wpływem promieni Röntgena podobnie jak szło świeci się pod wpływem promieni katodowych. Najważniejszą własnością promieni Röntgena jest to,

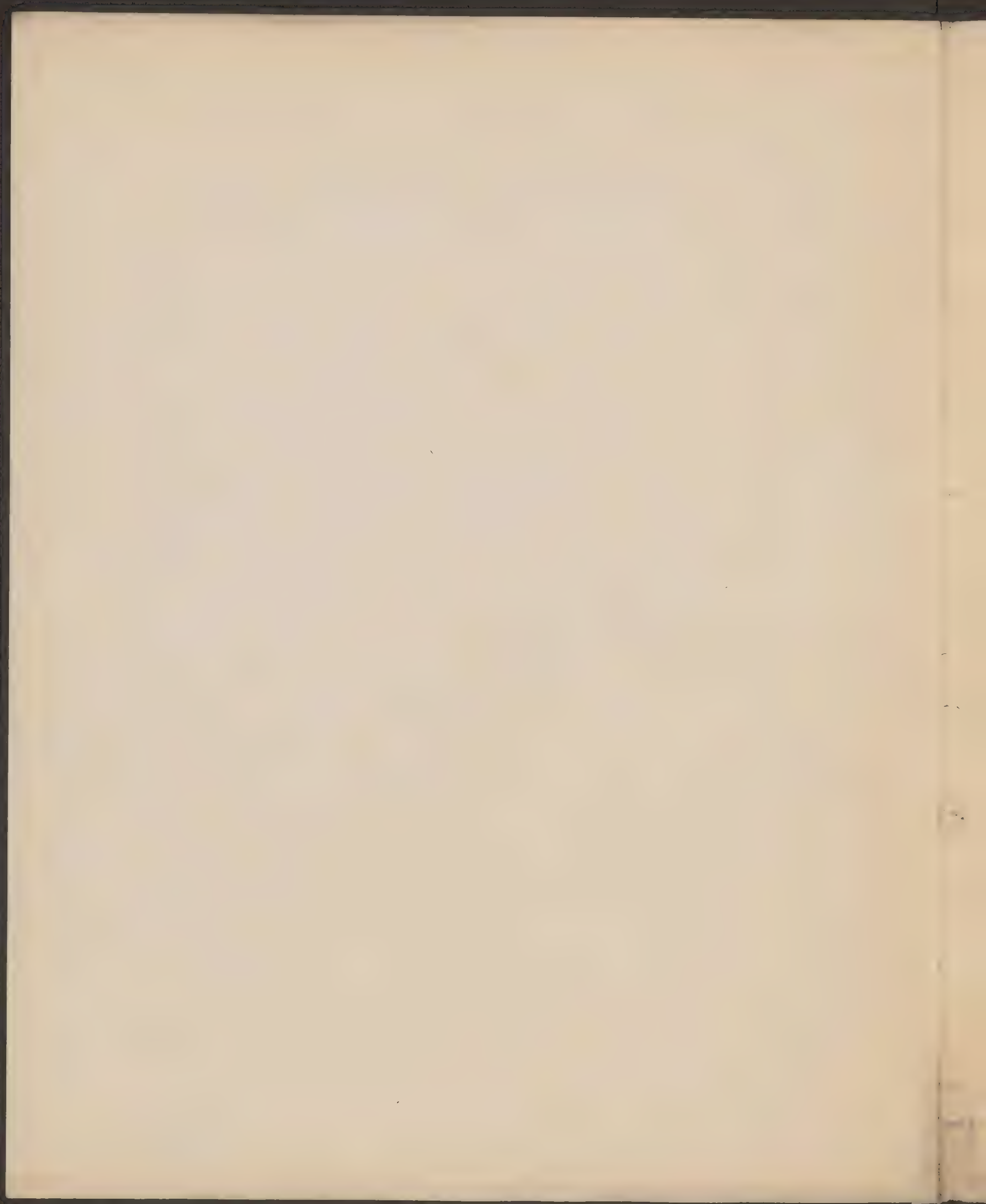
ie przechodzi swobodnie przez wiele ciał, nieprzepuszczających wyraźnego światła (nieprześwieczających). Jeżeli niejaki obiekt przesłonięty jest, wychodzące z punktu R promienie, trafiają



na ekranie powstają do ~~tych~~ kartki fluorujacej, pokrytej z odwróconej strony platynowatym baranym, wówczas kartka świecić będzie pod wpływem cząsteczek stoni, ale nie będzie świeciła tam, gdzie jest chroniona. Kości przed dotarciem promieni Röntgena. Tępe przedmiotem pokrytym refleksyjną folią staje się widzialnym na kartce, przez co bowiem na niej cienie.

Folien papier, drzewo, ciekłe ludzkie i t.p. Natto mając ciekłe o wysokim cięciwie właściwym, tlen, żelazo, kamienie wapienne, kości nie przepuszczają tych promieni, albo przepuszczają je słabiej.

Rozděl II



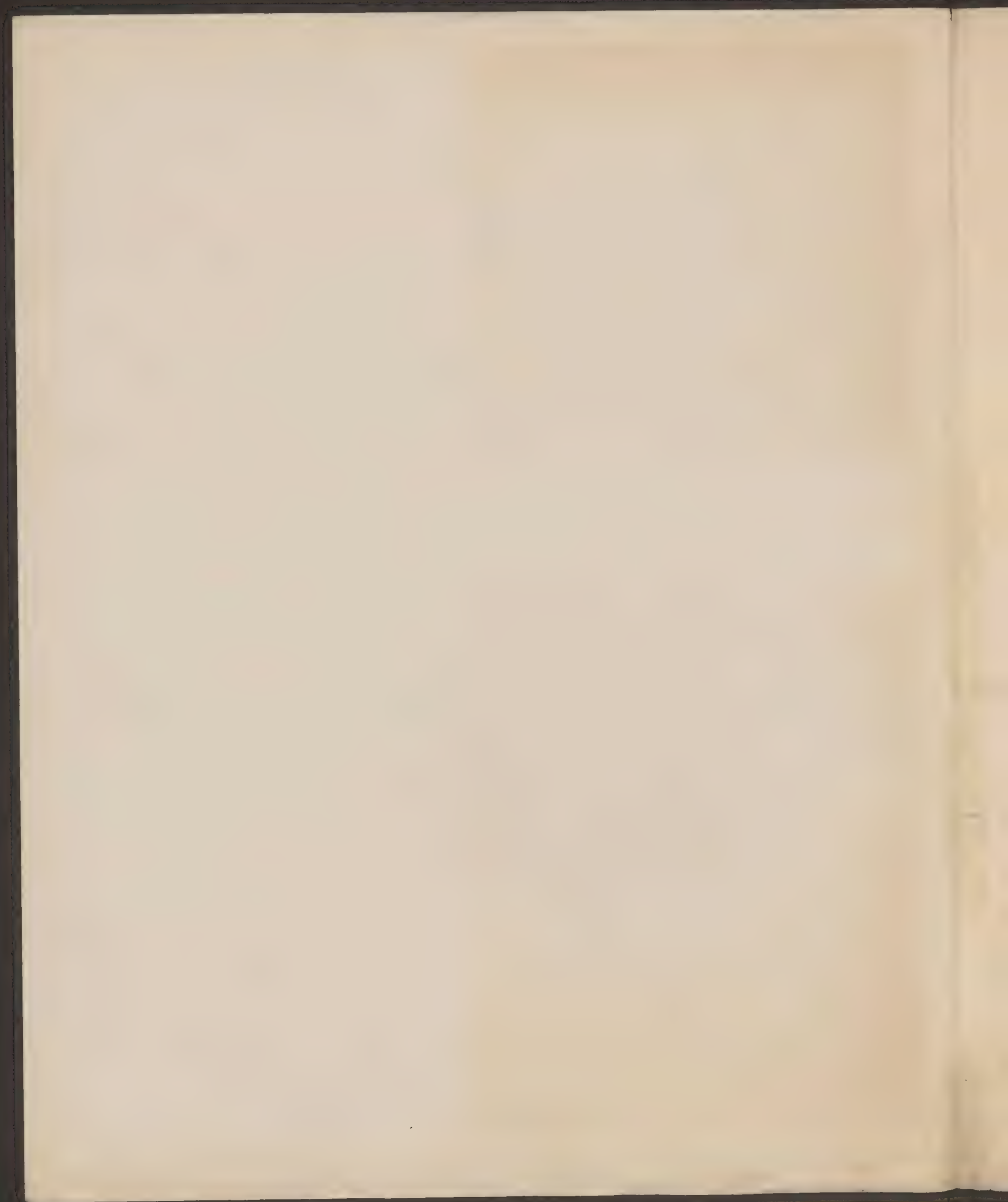
Rodnyn II

Teleskop

Mikroskop

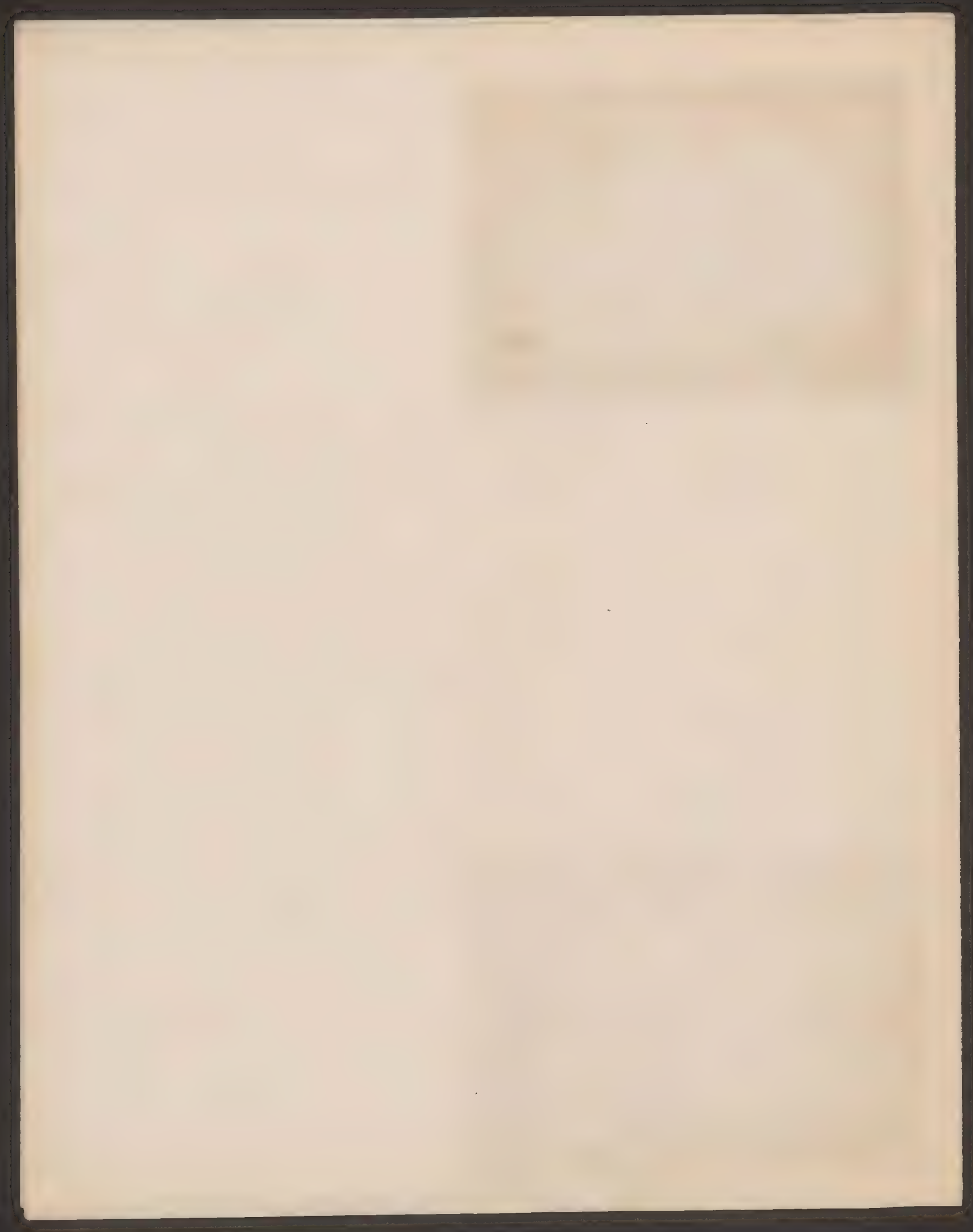
Apparat fotografirung

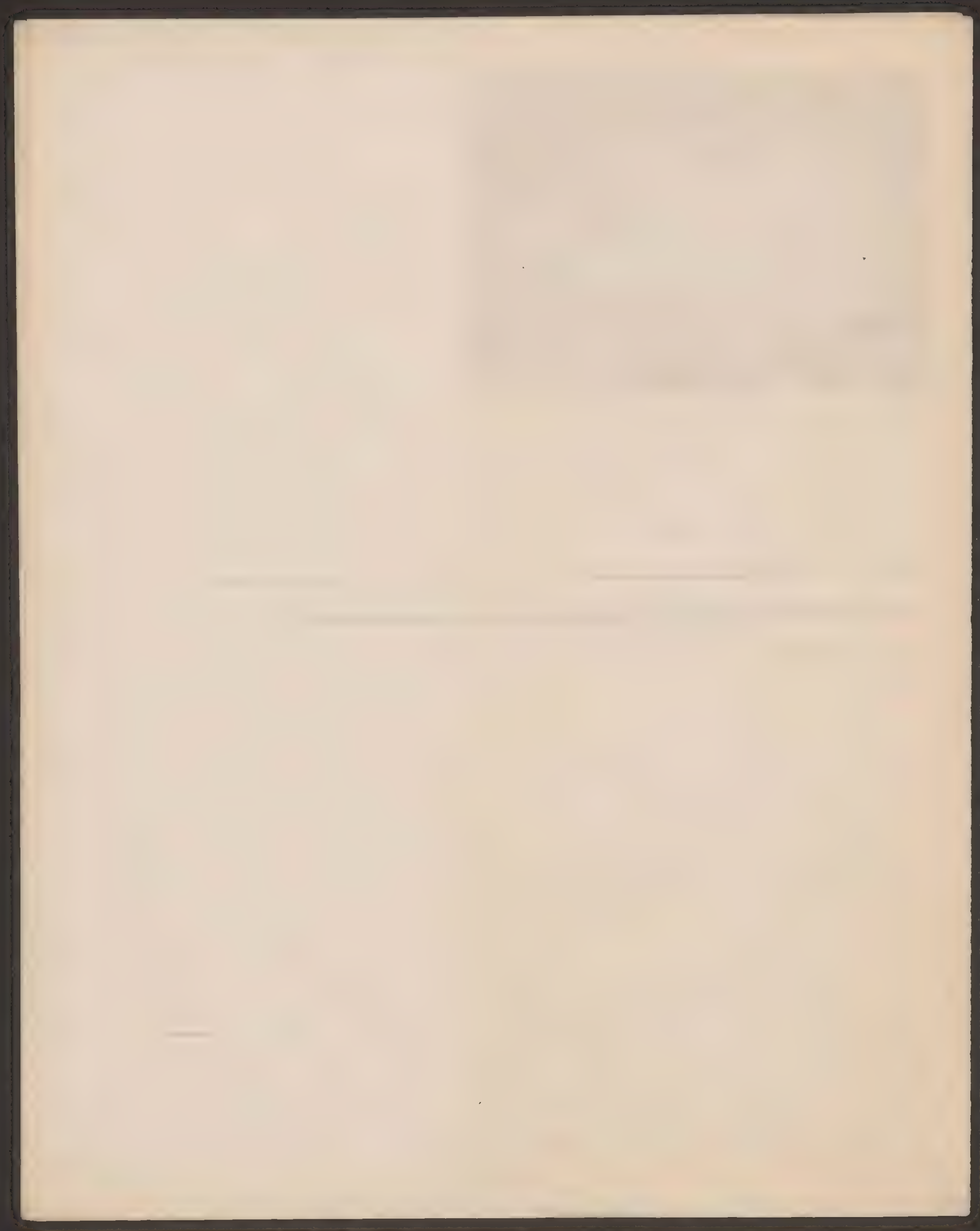
—
Apparat spektroskop vysschie

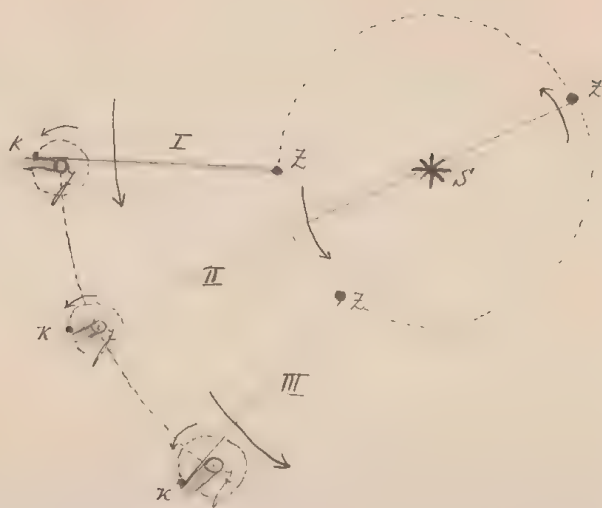








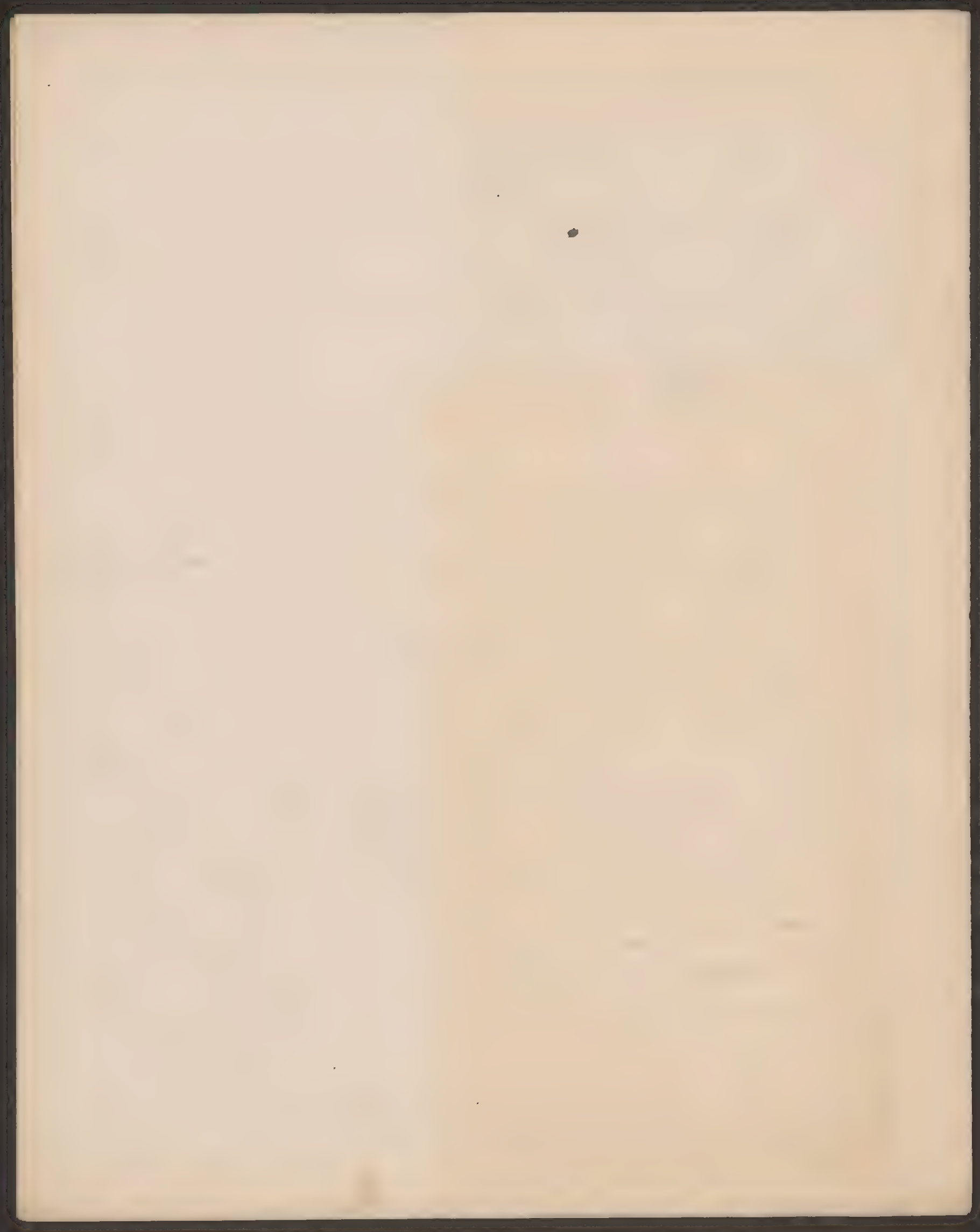




Najwyżej 6^{ty} uśredniony zajmują położenie III; i t. d. Pomiędzy każdymi dwoma leżącymi dwustami:
I i II, II i III i t. d. krzyży Journa odgrywa 112 razy drogę dookoła ^{swój,} planety. ~~Astronomowi~~
na ziemi, dostzegając ~~prócz~~ ^{wzrostu} załamania krzyża Journa, się wznoszą od niego dobiegnie do ziemi,
tj. gdy odbycie drogi KZ. Ale z rysunku widzimy odrazem, że droga KZ nie jest ^{zawsze} ~~stałą~~ jednakową;
w położeniu II jest dłuższa, niż w położeniu I, ^(dłuższa jest mianowicie) o długość ^{średnicy} drogi ziemskiej dookoła słońca;
w położeniu III znówu jest krótka, niż w II, o całą tę długość. Średnica drogi ziemskiej dookoła
Słońca wynosi ^{mimo to} ~~określenie~~ 298 milionów kilometrów; smutko, które biegnie z prędkością 300 tysięcy kilo-
metrów na sekundę, zużywa więc prawie 16½ minuty na odbycie tej drogi w zalon.: jeśli przeliczyć
wskroczeniem krzyża K w cieni Journowy nazwęmy to, które odbyło się w położeniu I, tedy wskroczenie
^(w położeniu II) setnie trzynaste, powinno ~~wydać się~~ wydać się nam skróconem o 16½ minuty; wskroczenie 225-te,
które wydarzył się w położeniu III, powinno wydać się przyspieszonem o 16½ minuty; i t. d. Tak też
nazwijmy ~~się~~ ^{astronomom,} wydział się ~~nawet~~ ^{pozwolki} załamaniu krzyża Journa; z każdego wypadku, że siłom
potrzeba istotnie ~~przez~~ 16½ minuty na przebycie średnicy drogi ziemskiej, albo prawie 8 minut
na przepięcie od Słońca do ziemi.

5 120. Odległości nasza od stonicy i gwarzd.

Przekonałimy się, że światło zużywa przeszło 8 minut czasu na przebycie drogi od Słońca do ziemi.



Najprzybliższy pociąg z pomiędzy tych, jakie bieżą, na naszych drogach żelaznych, musiałby pędzić berusianka przez 330 lat, ażeby ^{nas} (zawieźć) na słońce; to porównanie użyte, jak niezmiernie wielka jest prędkość, z jaką rozchodzi się światło.

Zkądinąd, widzimy, że, gdyż w pewnej chwili słońce nasze zagasło, spotrzeźbiliśmy 8 i pół minut po upływie 8 minut od chwili zgaszenia.

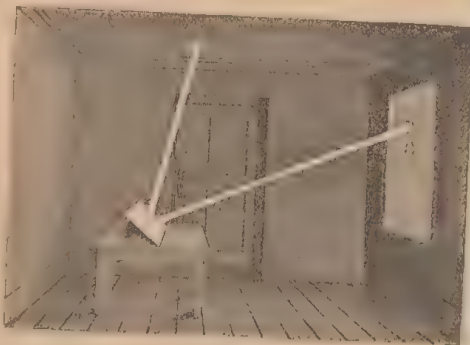
Najbliższa z pomiędzy gwiazd znajduje się 260000 razy dalej od nas niż słońce (§ 116.). A zatem światło tej gwiazdy biegnie przez dwa miliony przeszło minut, czyli przez 4 lata mniej więcej, zanim dobiegnie do ziemi. Inne gwiazdy znajdują się jeszcze dalej.

Gwiazda *Syrjusz* np. znajduje się tak daleko, że światło jej biegnie przez $\frac{1}{2}$ lat, zanim dobiegnie do ziemi. Tymczasem, gdyby światło mogło przejść przez kulę ziemską, odbyłoby ono w ciągu $\frac{1}{8}$ -ej części sekundy drogę prostą od bieguna północnego do południowego. Jeżeli zważymy, jak niezmiernie małą cząstką ~~lat~~ lat jest $\frac{1}{8}$ -cia część sekundy, dojdziemy do wniosku, że cała nasza ziemia wobec wszechświata jest jak gdyby kropelką wobec oceanu. Gwiazda α Kręzowidełowej konstellacji, zwana *polarną* albo *biegunową*,

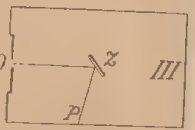
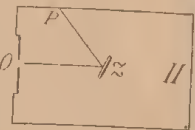
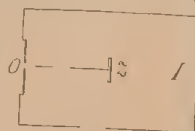
znajduje się tak daleko, że światło jej dobiega nas dopiero po upływie przeszło 46 lat. —

§ 121. Odbijanie się światła.

Wpuśćmy snop światła słonecznego do ciemnego pokoju, jak w § 117.; pozwólmy mu paść na zwykłe, płaskie lustro czyli zwierciadło (rys. 127.). Zobaczymy, że światło odbija się od zwierciadła, biegnie np. do sufitu i tworzy tam obraz jasny, jaki poprzednio padał na tablicę. Wystawmy sobie pokój, widziany z boku, lub jak gdyby przecięty płaszczyzną pionową (rys. 128.); O jest otworem w zasłonie okiennej, Z wyobraża zwierciadło. Ustawmy najprzód zwierciadło Z tak, ażeby było prostopadłe do snopu ~~promieni~~, t. j. ażeby z żadnej strony nie nachylało się ku niemu (rys. 128., I). Wówczas światło odbija się wprost napowrót do otworu w zasłonie; wówczas nie widzimy odbitego obrazu. Ustawmy teraz zwierciadło jak na rys. 128., II.; podnieśmy część dolną zwierciadła ku kierunkowi OZ, tak iż snop padający ~~prosto~~ jest nachylony ku dolnej części zwierciadła. Spostrzegamy natychmiast obraz P na suficie. A zatem, gdy światło padające nie pochylało się ani ku dolnej, ani ku górnej połowie zwierciadła (t. j. gdy było prostopadłe do niego), światło odbite nie pochylało się również ku żadnej. Gdy zaś światło padające pochyliło się ku części dolnej zwierciadła, światło odbite pochyliło się zaraz



Rys. 127.



Rys. 128.

W blisko 9

III 9-ciu

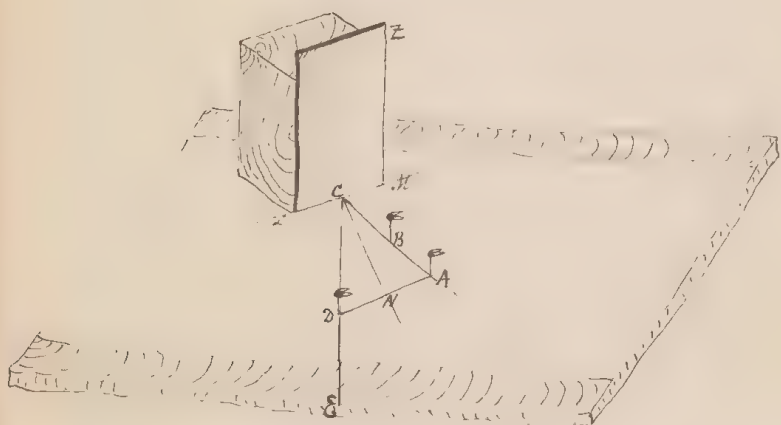
I światła I. ego



ku górnej. I przeciwnie: gdy zbliżymy górną część zwierciadła ku kierunkowi OZ (jak na rys. 128., III.), wówczas obraz P pojawia się na podłodze, wówczas zatem światło odbite pochyła się ku dolnej części zwierciadła. ~~W taki sposób odbija się światło.~~

Pravo obijaviti se smatra.

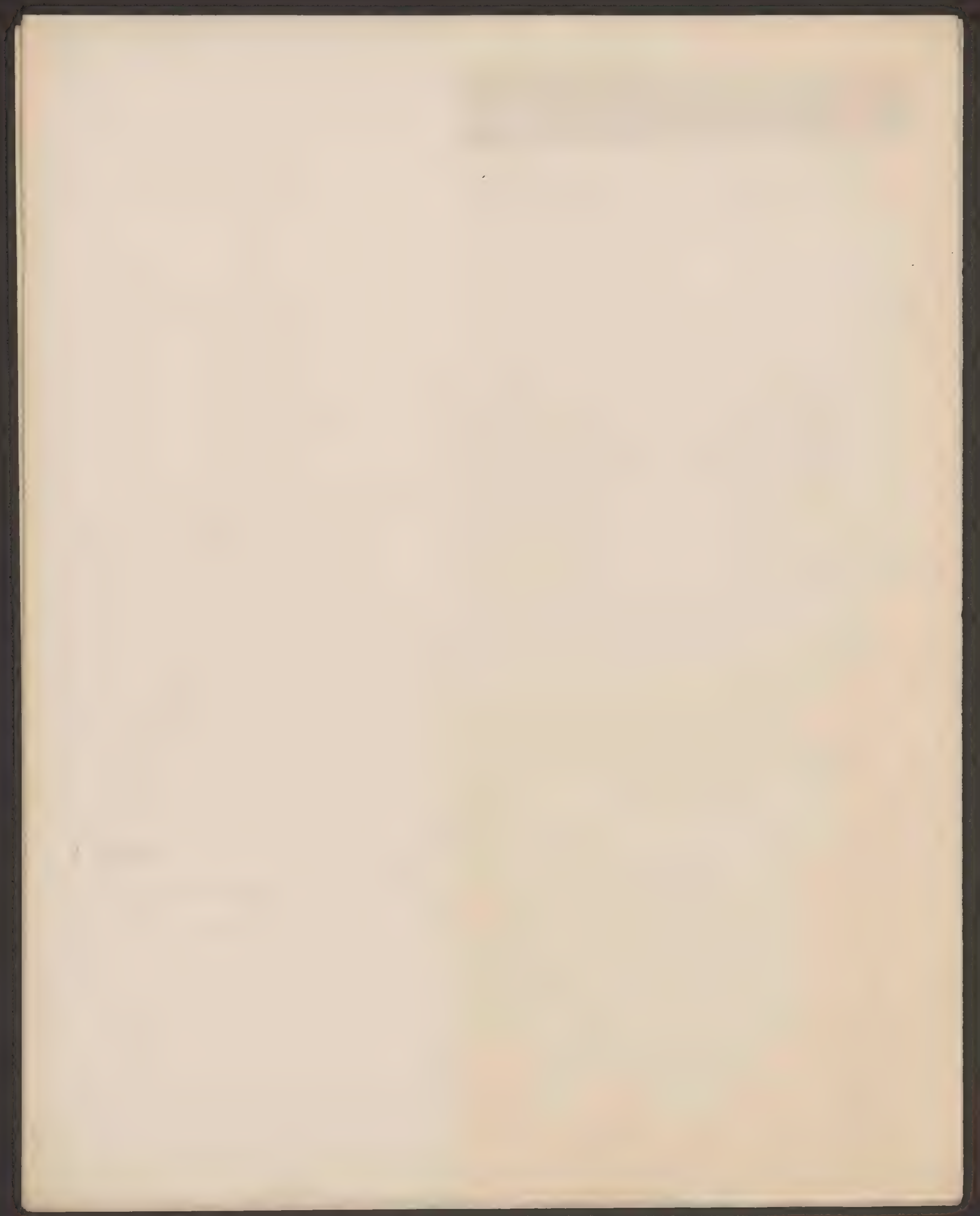
Żeby poznać dokładniej prawo odrywania się świątka, powróćmy do wiadomości poprzednio w sposób nieco odmienny. Wstawmy, na pozornie rozpostartym arkuszu



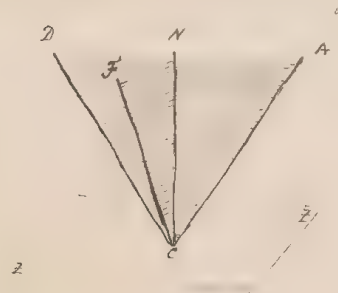
papierem (rys.) zwrócić do
Z_{*} dokładnie pionowo. Wprawy
nie wyniki A, B w papier przed
zwróceniem, poszukujemy takiego
miejsc, z którego patrząc ~~na tył~~
(jednym okiem) widzimy odwró-
cony obraz A, B w ~~ten sposób~~ jednym
miejscu, jakby nałożone jedno na drugie.
Takim miejscem na rysunku będzie E.

Widocznie zatem \angle ma być, dzięki któremu możemy odróżnić A , brynie ku zwróceniu w kierunku ABC , tam odwraca się i ku patrzącemu ~~ten~~ idzie w kierunku CE . Narysujmy na papierze: 1) linie ABC ; 2) linie ED , przecięcie płaszczyzny \perp zwrócenia i papieru; ~~ma być~~ 3) linie EN , prosta padła do ED ; narysuj 4) linie CE i tę ostatnią ~~poprowadź~~ poprowadźmy prostopadłą EN do ED , patrz z kierunku E , jak widać, narysujemy trzeci, brylny D tak, żeby ~~ma być~~ przykrywała odróżnić dwóch poprzednich A , B . Jestli teraz ~~poprowadź~~ spojrzmy ~~na rysunek~~ na rysunek, który otrzymaliśmy na papierze, dostrzeżemy, że linie ABC i EDC są jednakowo nachylone do ED ; innymi słowy, że kąty ACN i BCN są równe sobie. Jeżeli np. EN myślimy odcinek ED równy EN , \angle wówczas wypadła $DN = EN$; ~~to zaś~~ jest dowodem równości kątów ACN i BCN .

Wzrosty między ~~związkami~~ ~~związkami~~ ~~wyrażeni~~ ~~wyrażeni~~ / prawa odbijania się światła, bieżący nazywają kierunek ABC , w którym światło bieżnie ku zwierciadłu, promieniem padającym; kierunek zaś CDE , w którym oddala się od zwierciadła, promieniem odbitym. Powinno się również promień odbity tworzy z prostopadłą do powierzchni



Zwrotność kąta równy temu, jaki z nim tworzy promień padający. Jednakże łatwo widziemy, że to prawo jeszcze nie jest dostateczne. Przypuśćmy, że mamy płaszczyznę zwrotną ZZ'

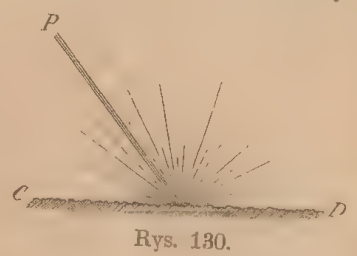
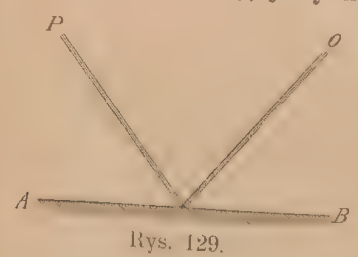


dana (rys. 121); dana jest prostopadła CC' i konieczne promienie padające CA . Bardzo wiele innych promi. z CC' tak samo kąt, jaki z CC' tworzy CA ; naprzeciw CC' . Tymczasem nie CA oczywiście będzie promieniem odbitym, lecz tylko CD . Trzeba więc uzupełnić prawo powyższe, mianowicie w sposób następujący:

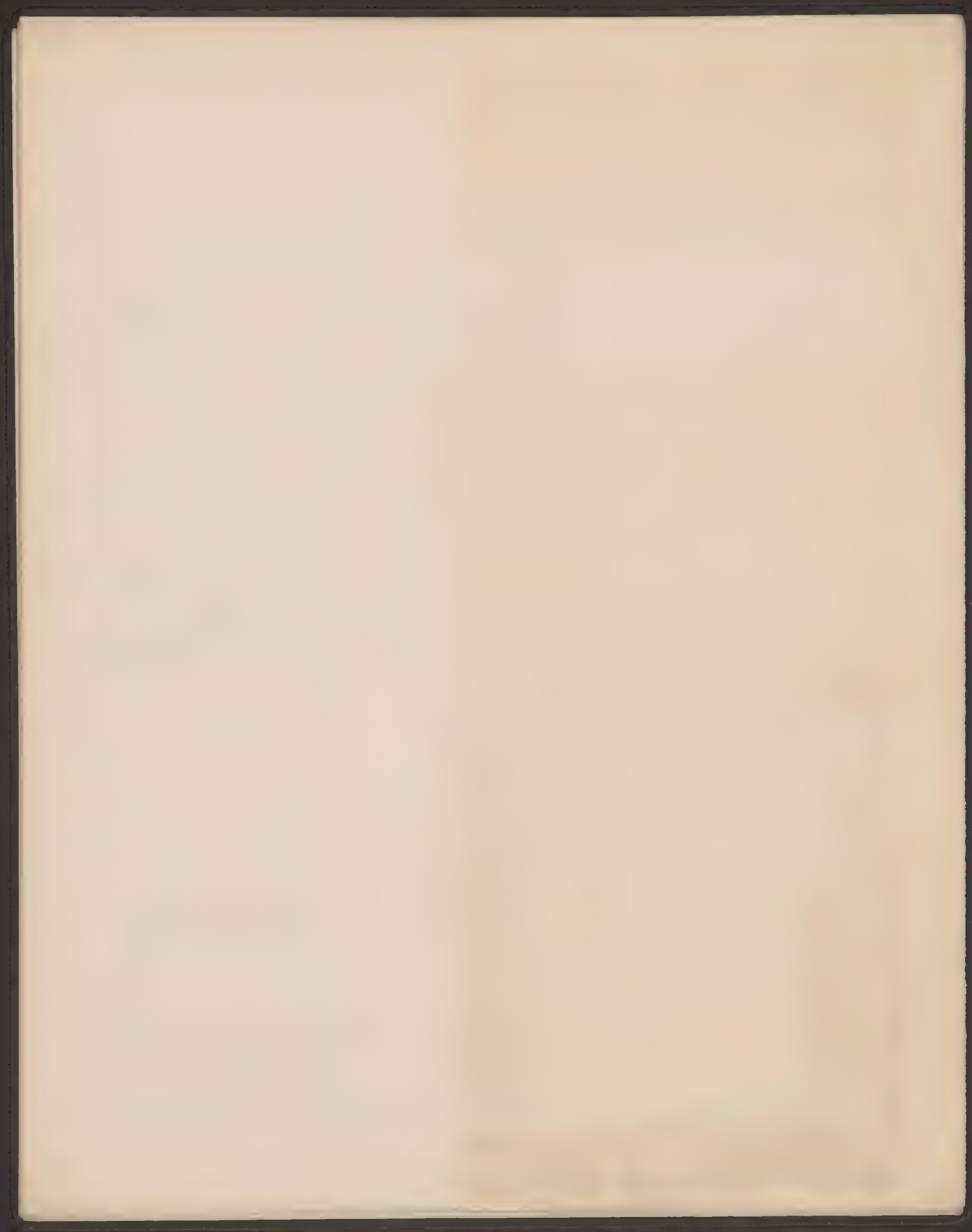
Promień odbity leży w płaszczyźnie, w której znajdują się promienie padający i prostopadła do płaszczyzny zwrotności. Naprzeciw, w doświadczeniu, umieszczonym na rys. pozioma płaszczyzna papieru i każda inna pozioma płaszczyzna, równoległa do papieru, zawiera pewien promień padający i odpowiednią prostopadłą do płaszczyzny zwrotności, że również ona zawiera i promień odbity, widzimy bezpośrednio: inaczej odbicie zupełnie wyglądałoby się wywrócone lub wzniecone ona sama.

§ 122. Rozpraszanie się światła.

Wystawmy sobie dwie powierzchnie: jedną AB (rys. 129.) gładką, równą, zbitą, jaką ma szkło, rtęć lub wypolerowany me-



tal; drugą CD (rys. 130.), nierówną, nieco ziarnistą lub chropowatą, ~~jedną~~ słowem pełną drobniutkich wyniosłości i zagłębień. Taką powierzchnię ma zwyczajnie papier, gips, drzewo (nie pokryte politurą), płótno; taką również ma skóra naszego ciała. Snop światła P , padającego na pierwszą powierzchnię, da podobny snop światła odbitego O , gdyż wszystkie jego promienie odbijają się jednako od powierzchni AB . Inaczej dzieje się na powierzchni CD . Jedne promienie odbijają się od wyniosłości tej powierzchni; inne pójdą głębiej, jak gdyby nieco wchodząc w głąb ciała; na powierzchni ciała utworzy się jak gdyby cienka skórka, do której światło wchodzi i z której napowrót wychodzi. Łatwo zrozumieć, że wychodzące światło nie utworzy już snopu, lecz rozproszy się we wszystkich kierunkach; będzie to światło rozproszone, jak zwykle mówimy. Światło np., które nazywamy »dziennem«, jest światłem słonecznem, rozproszonem w odbiciu od chmur i od wszystkich przedmiotów, jakie wkoło nas się znajdują.



Kiedy snop światła odbija się od zwierciadła *w ciemnym* pokoju, wówczas widzimy obraz odbity, ale samego zwierciadła dostrzedz prawie nie możemy; dowód to, że całe światło odbite szło w jednym tylko kierunku. Jeśli zwierciadło jest zapylone, widzimy je, przeciwnie, z różnych miejsc w pokoju; wtedy przynajmniej część światła się rozprasza. Podstawmy rękę, papier lub płótno pod snop padającego światła; nigdzie nie zobaczymy wyraźnego odbitego obrazu, lecz pokój napełni się bładem, nieco mdłym światłem rozproszonym. *Pomysł rozpraszaniem światła a odbiciem*

światła zachodzi więc istotna różnica. Dzięki światłu rozproszonemu widzimy całe, które rozprasa światło; dzięki światłu, wyłączone tylko odblasku, widujemy jedynie całe które je wysyła.

§ 123. Widzimy nie tylko świecące ale i oświetlone przedmioty.

Słońce wysyła światło, jest ciałem świecącym. Gwiazdy, jak Syryusz np., są również świecącymi ciałami. Ale planety i księżyc same przez się nie świecą; światło ich jest tylko światłem słonecznym odbitem. Płomień lampy, ogień na kominku, pasemko węgla w zasilanej przez prąd lampce żarowej (§ 110.), kawałek fosforu, robaczek świętojański — wszystko to są ciała świecące. Natomiast mnóstwo otaczających nas ciał nie świeci; ziemia np., kamienie, woda, przedmioty drewniane, metalowe, gliniane, sukno, płótno i t. d. są niewidzialne w ciemności i stają się widzialne dopiero, gdy są »oświetlone«, t. j. gdy światło pada na nie z kądem. A zatem widzimy wszystkie te ciała tylko dzięki światłu, które one ~~odbijają~~ *rozpraszają*. W ten sposób np. widzimy smugi światła, jeśli promienie słoneczne wchodzą do pokoju przez szczeliny i szpary i jeśli dużo pyłu unosi się w powietrzu, lub też, gdy puściliśmy umyślnie obłoczek dymu w drogę promieni słonecznych.

f i zarazem rozproszonym

f odbijają i

§ 124. Łamanie się światła.

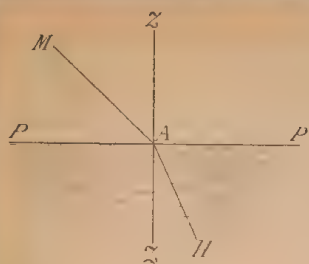
Puśćmy płaską smugę światła na powierzchnię wody, jak pokazuje rys. 131. Zobaczymy przebieg światła przez powietrze i wodę, jeśli wprowadzimy obłoczek dymu w powietrze a do wody dodamy nieco mleka. W powietrzu widzimy dwie smugi, jedną światła padającego, drugą — odbitego. W wodzie widzimy również smugę, ale *nie stanowi ona linii prostej, a smugę padającą na wodę. Smuga światła, idąca przez wodę, jest mniej*



Rys. 131.

przewodzenia w kierunku linii prostej, a smugę padającą na wodę. Smuga światła, idąca przez wodę, jest mniej

nachylona ku powierzchni wody, niż smuga, padająca na nią z powietrza. Poprowadźmy linią PP poziomo; niechaj ona wyobraża



Rys. 132.

powierzchnię wody (rys. 132.). Poprowadźmy inną linią ZZ pionowo, więc prostopadle do pierwszej. Niechaj MA wyobraża kierunek światła, padającego na wodę; światło, idące przez wodę, ma wówczas kierunek AH , oddaliło się więc od PP a zbliżyło do prostopadłej ZZ . Powiadamy, że *światło załamało się* w przejściu z powietrza do wody.

§ 125. Dlaczego światło łamie się w przejściu z powietrza do wody.

Światło, jak powiedzieliśmy w § 118-ym, rozchodzi się z prędkością 300000 km na sekundę. Jest to prędkość zwyczajna, z jaką światło biegnie przez puste przestworza np. pomiędzy słońcem a ziemią, z jaką biegnie ono również w powietrzu. Lecz światło przez inne ciała biegnie powolniej; np., rozchodząc się *w wodzie*, przebywa tylko 225000 km w ciągu sekundy czyli trzy czwarte drogi, jaką przebywa w tym samym czasie w powietrzu. Zatem, gdy w powietrzu światło ujdzie np. 4 centymetry, w wodzie ujdzie w tym samym czasie tylko 3 centymetry.



Rys. 133.

Ta mniejsza w wodzie niż w powietrzu prędkość światła jest przyczyną łamania się światła w przejściu z powietrza do wody. Przypuśćmy istotnie, że na powierzchnię wody PP (rys. 133.) pada snop, czyli wiązka promieni światła. Widzimy na rysunku dwa promienie tej wiązki, MA i ND , które stanowią jej granice. Światło biegnie *naraz* wszystkimi promieniami wiązki,

więc np. jest jednocześnie w M i w N , w R i w T , jednym słowem posuwa się ono naprzód jakby liniami: MN , RT , AB i t. d.

Taka linia nazywa się *czołem* wiązki świetlnej. Jeśli wiązka świetlna pada na wodę ukośnie (jak na rysunku), wówczas promień MA dobiega do wody wcześniej, niż promień ND ; gdy pierwszy jest w A , drugi jest dopiero w B . Pierwszy promień wchodzi teraz do wody; drugi biegnie jeszcze przez powietrze. Światło biegnie powolniej w wodzie niż w powietrzu; w tym czasie, w którym drugi promień od B dojdzie do D , pierwszy promień odbędzie w wodzie drogę krótszą, a przeto czoło wiązki w wodzie nie będzie nachylone taksamo, jak MN , jak RT , jak AB , lecz cofnie się nieco wstecz stroną pierwszego promienia, czyli będzie położone tak, jak ED np. jak FG , jak HI i t. d. A zatem kierunek rozchodzenia się światła w wodzie będzie inny niż w powietrzu, będzie mianowicie bardziej zbliżony do prostej dolnej AZ , prostopadłej do powierzchni PP . Taka jest zatem przyczyna łamania się

światła w przejściu z powietrza do wody. Uważamy tu jeszcze następującą uwagę. Według naszego rozumowania, światło odbywa, w ^{tymsamym} ~~jednym~~ czasie: w powietrzu drogę BD , w wodzie drogę AE . A zatem długość BD musi być do AE jak 300000 km do 225000 km , czyli jak $4:3$. Na tę uwagę powrócimy już w dalszym ciągu.

Przypuśćmy teraz, że światło pada na powierzchnię PP prostopadle (a więc tak, jak np. ZA na rys. 132-im). Czoła w wiązce padającej są wówczas równoległe do PP i wszystkie promienie

Wzrost światła rozchodzi się z prędkością około 200000 km na sekundę; gdyby więc rysunek 133. wyobrażał przejście światła z powietrza do szkła (czyli gdyby ciało poniżej PP było szkłem) wówczas BD miałyby być do AE jak $3:2$.



światła wchodzą do wody w tej samej chwili. A zatem teraz niema powodu, ażeby czoła wiązki nachyliły się w wodzie inaczej niż w powietrzu, ażeby przestały być równoległe do *PP*. Światło w wodzie pójdzie więc w poprzednim kierunku (w kierunku *AZ* na dół); światło nie załamuje się, gdy wchodzi do wody prostopadle do jej powierzchni.

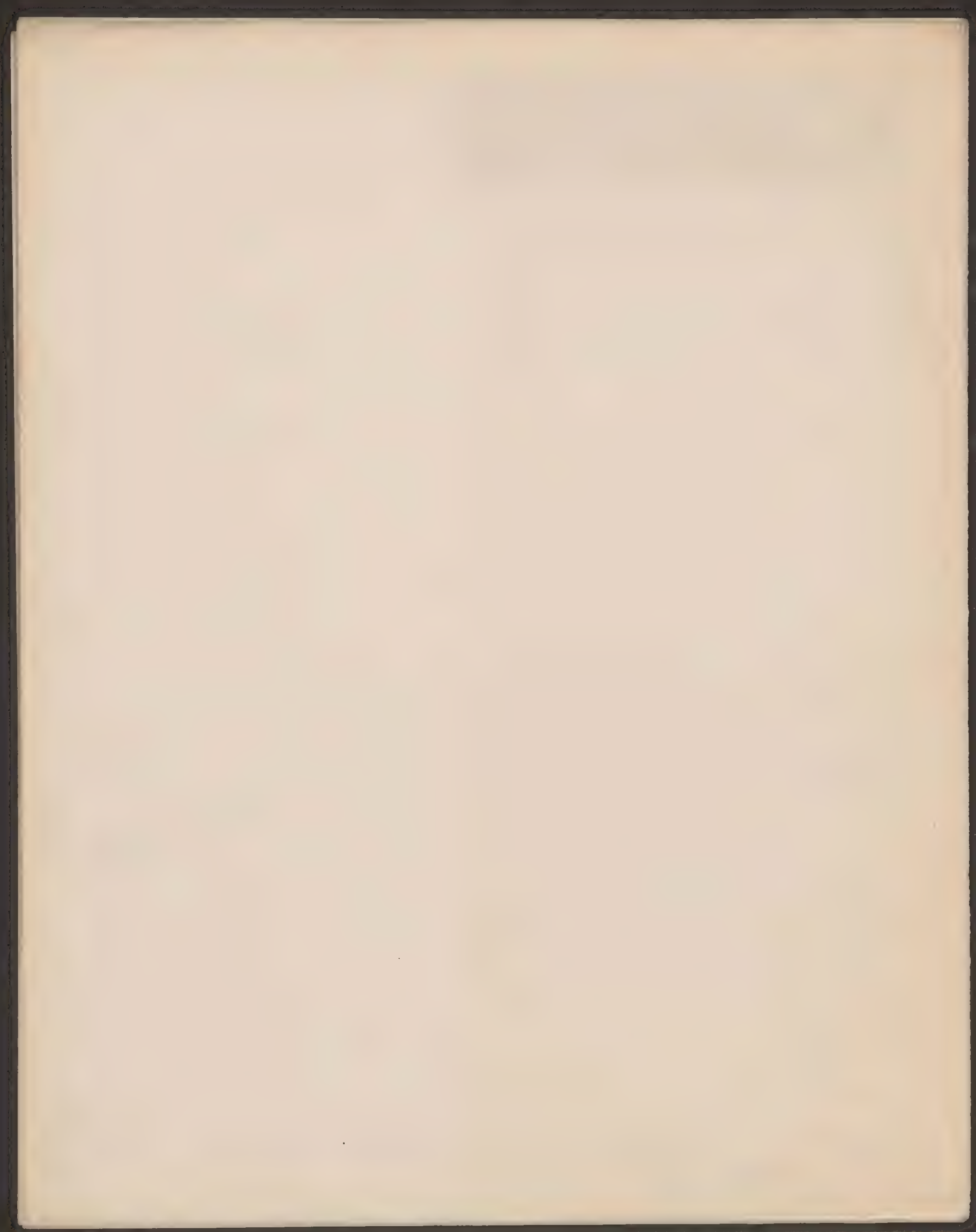
Pravo zatamnjena je siva tla.

Stęły poznać prawo zatamowywania się światła, potrzebny, jak w § m, na poziomie rozpo-
startym arkusza papieru, grubo, ~~przez~~ praską płytkę szklaną, jak wskazuje rys. , I. Na



Jedną ze ścian promowych płytki nacinamy kreską \underline{HK} i uproszczamy na \underline{HK} poprzez płytkę, np.
z wnętrza $\underline{\text{L}}$ ~~---~~ . Wpinamy jedną szpilkę \underline{A} na linii \underline{PP} , granicy pomieszczy zalesem a
powietrzem, tak, żeby zakrywała obraz kreski \underline{HK} , widziany od $\underline{\text{L}}$; drugą \underline{M} tak, żeby zakrywała
i obraz ^(kreski \underline{HK}) ~~---~~ i pierwszą szpilkę \underline{A} , podczas gdy cięgieł patrzymy od $\underline{\text{L}}$. Wówczas ~~widimy~~, że promieni-
siewatka od \underline{H} idzie przez szkło do \underline{A} , wzdłuż \underline{HA} , następnie przez powietrze idzie ku nam ~~(widząc)~~
wzdłuż \underline{AM} . Zamierzamy na papierze punkt \underline{H} , rysujemy \underline{PP} , prostopadłą do \underline{PP} linie \underline{ZAZ} ,
linię \underline{HA} i \underline{AM} , ~~prostopadłą do linii \underline{HA} , którą \underline{AP}~~ ^(rys. II). Widzimy, że siewatka w przeszłości ze szkła do po-
wietrza łamie się; natomiast, wprost przeciwnie niż w przeszłości z powietrza do szkła, oddala się wówczas
od prostopadłej \underline{ZAZ} . Jeśli siewatko przybywa przez powietrze, wzdłuż \underline{MA} , idzie dalej przez szkło wzdłuż \underline{AH} .
(S.S.) i jeśli przybywa ze szkła, wzdłuż \underline{HA} , biegnie dalej przez powietrze wzdłuż \underline{AM} .

Uzupełnijmy teraz rys. II w następujący sposób. Prowadzimy z punktu A , jako ze środka, koło, promieniem dowolnym (rys.) Promienie $(A\mathcal{H})$, $(A\mathcal{H}_1)$ przecinają się z otworem koła w miejscach $(h\mathcal{M}_1)$. Poprowadzimy linie $(h\mathcal{K})$, $(h\mathcal{M}_1)$ prostopadłe do \underline{ZAZ} ; wykreśliwszy styczną tych linii, przekonamy się, że $\frac{\mathcal{M}_1\mathcal{H}}{\mathcal{H}\mathcal{K}}$ ma się do $\frac{\mathcal{H}\mathcal{K}}{\mathcal{H}\mathcal{I}}$, jak 3 : 2.







$\triangle AED$, $\triangle AFD$ mają boki równe, jakie
mają na rys. 133 m, ~~.....~~. Z punktu A
poprowadzmy koło promieniem AE ; zbudujemy
prostopadłe mp i hk , znane z poprzedzają-
cego artykułu, oraz linii: CE , prostopadłą do
 AB ; BE ; CF , prostopadłą do AE .

Widzimy łatwo, że mamy podobieństwa trój-
kątnych ABD i ASC , że

$$BD : SC = AD : AC$$

oraz mamy podobieństwa trójkątów AED i AFD oraz

czyli dalej, że:

$$AB : AF = AD : AC$$

Z tych dwóch proporcji wynika więc teraz:

$$BD : SC = AD : AF$$

które możemy napisać:

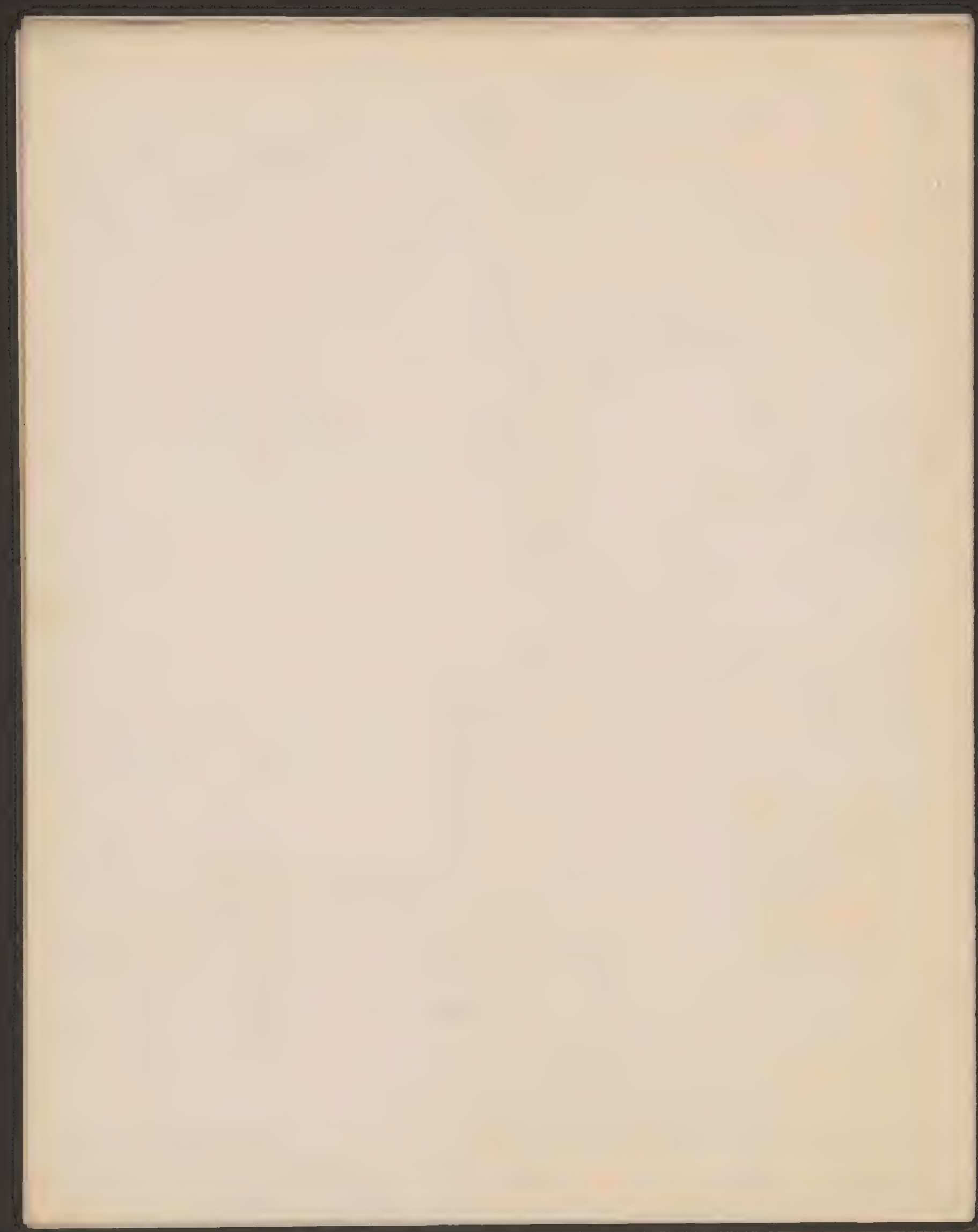
$$BD : AF = SC : AF$$

nie $SC = mp$, gdyż trójkąty $(\triangle mp \text{ i } \triangle SC)$ są równe sobie; podobnie $AF = hk$, gdyż trójkąty AFD i AHK
są równe sobie; o tem można przekonać się bezpośrednim pomiarzem. A zatem

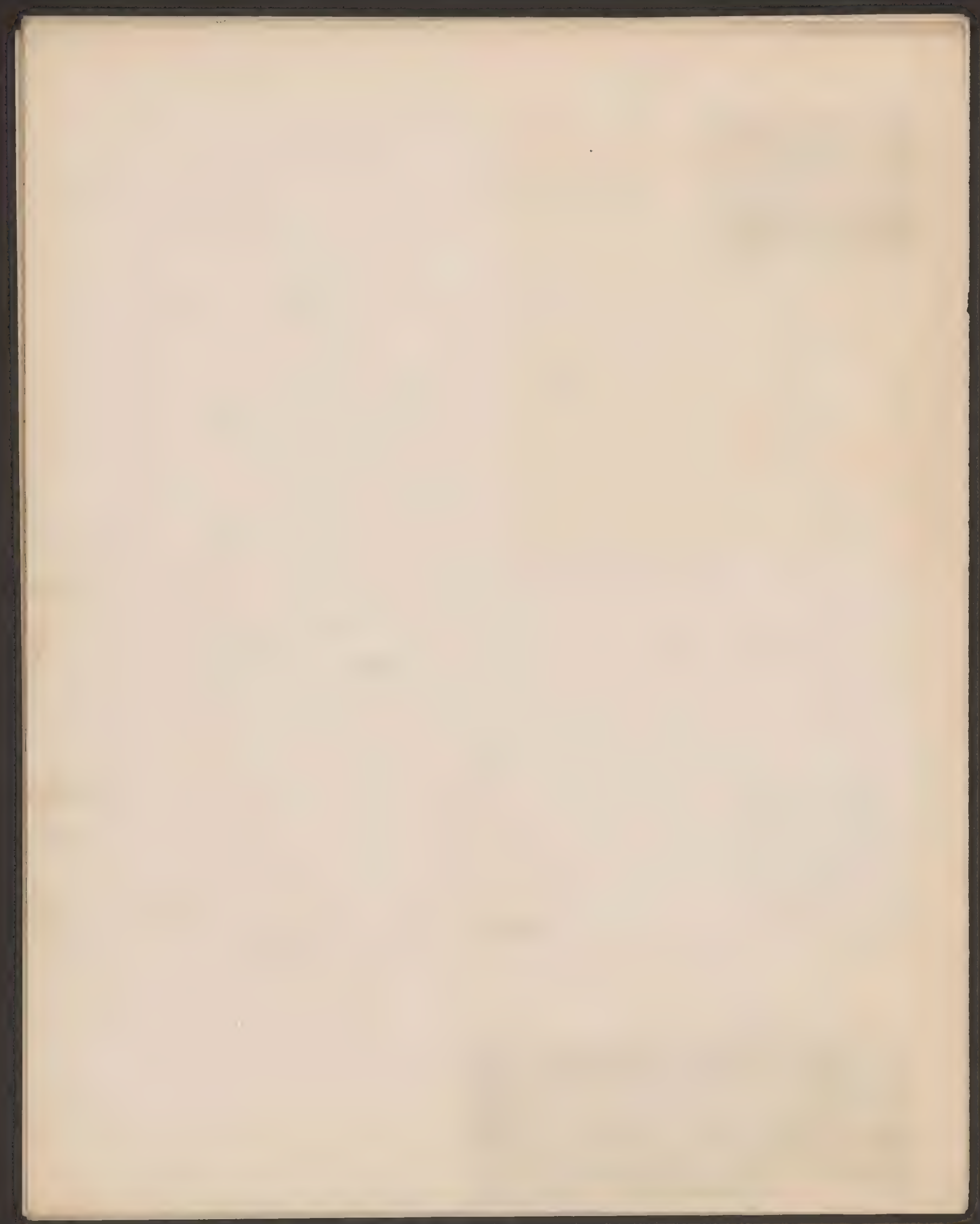
$$BD : AF = mp : hk$$

Czyli stosunek $mp : hk$ naturalny, w artykule poprzednim, spotężnieniem załamania światła; stosunek zaś
 $BD : AF$ jest ^{to} jak zaawaryliśmy w § 125 - m, stosunek dróg, odbywanych przez światło, w powietrzu i w
wodzie, w czasie jednakowym, czyli stosunek prędkości światła w powietrzu i w wodzie. Udowodnimy zatem,
że spotężnienie załamania światła w wodzie równa się stosunkowi prędkości rozchodzenia się światła w powie-
trzu do tejże prędkości w wodzie; okazujemy zatem, że ~~to~~ równa się on $\frac{4}{3}$. Nadto, ponieważ światło rozcho-
dzi się, czy w powietrzu, czy w wodzie, z prędkością jednakową we wszelkich kierunkach, więc dlatego spotężnienie za-
łamania światła w wodzie nie zależy od kierunku promienia, czyli jest stały.

Iż cięta, nierzadko t. zw. kryształy, w których światło rozchodzi się z rozmaitymi prędkościami w rozma-
itych kierunkach; dlatego też w takich ciałach spotężnienie załamania światła nie jest stałe; i prawo
załamania się, wypowiedziane w § 125, nie stosuje się więc do kryształów.







zajmy do soczewki ćwiartkę papieru po stronie odwróconej od słońca; w odległości F zobaczymy punkt bardzo jasny, w którym papier niebawem się zwęgli; zapalka tam umieszczona zapali się. A zatem

w punkcie F skupia się nie tylko światło, lecz i ciepło słoneczne. Co się tu dzieje? Wystawmy sobie wiązkę słonecznych promieni SA, SC, SB , padającą na soczewkę MN , jak okazuje rys. 138. Widzimy tam (kropkowane) czoła tej wiązki; jednym z nich jest ACB . Kiedy promień SC jest w C i wbiega do szkła, promień SA jest w A i biegnie przez powietrze. A zatem, kiedy pierwszy promień dojdzie do E , drugi promień odbędzie drogę dłuższą, dojdzie np. do D . Łatwo więc zrozumieć, że czoło wiązki zakrzywi się; zamiast być płaskie jak wprzód, będzie, jak DEH , wklęsłe ku F . Lecz skoro pierwsze czoło jest zakrzywione i wklęsłe ku F , przeto i następne (które na rysunku widzimy kropkowane) będą zakrzywione i wklęsłe ku F ; innymi słowy, światło od wszystkich części soczewki pójdzie ku F i skupi się w F .

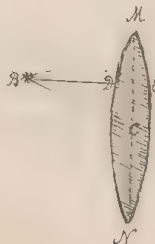


Rys. 138.

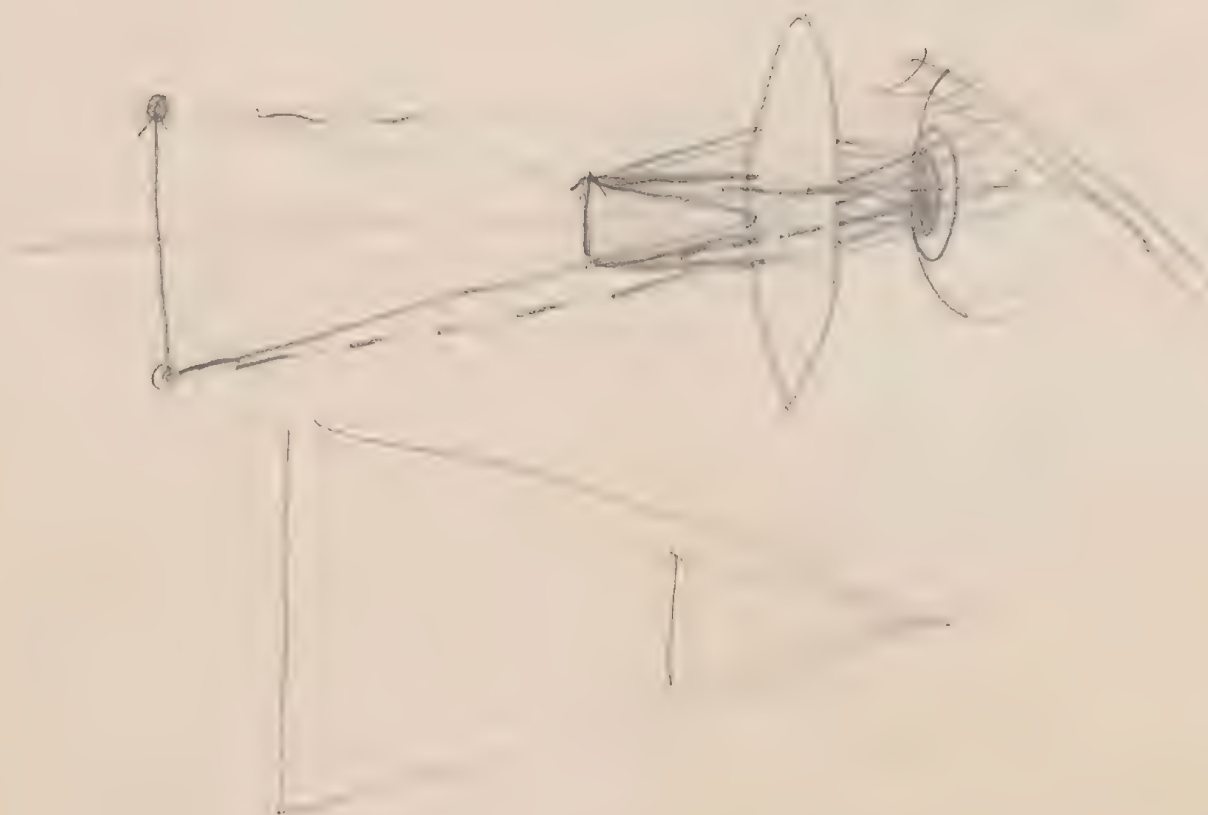
„ C jest „środkiem” soczewki, ACB wyobraza jej poprzeczne płaskie przecięcie, którego prostopadła linia SCF nazywa się osią soczewki.”

Teora: MN (rys. 136.) wyobraza soczewkę, której ognisko jest np. w F ; przypuścimy, że blisko soczewki, np.

w miejscu B , znajduje się punkt, który wysyła światło. Z miejsca B rozchodzi się wiele promieni we wszystkie strony; jednak i poniżej tych promieni, uważamy obecnie tylko dwa, mianowicie 1) promień BD , równoległy do osi soczewki; 2) promień BC , skierowany ku środkowi soczewki. C pierwszym, BD ,



wzemu z artykułu poprzedzającego, że po ~~zatrzymaniu~~ zatrzymaniu się w soczewce, przejdzie przez ognisko soczewki; a zatem pójdzie jak ST na rys. 186 gm. C drugim zaś promieniem BC możemy powiedzieć, że pojdzie on dalej w swoim pierwotnym kierunku, (jak CD zatem) na rys. 186. ~~cząstka~~ cząstka powierzchni soczewki, przez jaką promień BC przechodzi, ~~jest~~ jest dla niego jakby płaską o równoległych ściankach (S), reszta zaś soczewki nie wywiera wpływu. Wskazując ~~na~~ CD będzie ~~ona~~ być równoległą do BC , ~~co~~ nieco względem niej przesuniętą; lecz to przesunięcie zastrzeżymy na rysunku.



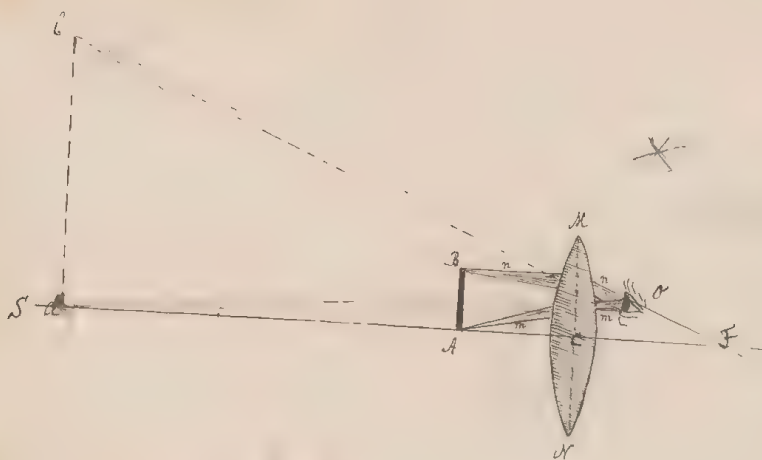
A zatem:

(Promienie \underline{BD} i \underline{BC} pójdą ~~na~~ za soczewką jako \underline{EF} i \underline{CH} ~~Jest~~ ^{patrzymy} od strony \underline{F} , promienie te sprawiają na nas wrażenie, jak gdyby były wyszły z punktu \underline{b} ; w umyśle przedstawiemy bezwzględnie \underline{FE} i \underline{HC} aż do przecięcia się w \underline{b} i przypisujemy promienie \underline{EF} i \underline{CH} miejscowemu źródłu \underline{b} , które wyświadczy je rzeczywiście, gdyby nie było soczewki. Tym sposobem powstaje w \underline{b} obraz punktu \underline{B} , tworzony przez soczewkę.

§5. Stacznego soczewka powiększa

Przypisujemy, że rozpatrujemy przedmiot \underline{AB} przez soczewkę \underline{MN} , umieszczony ją między przed-

miotem a okiem, w sposób, jaki wskazuje rys. 187.



rys. 187.

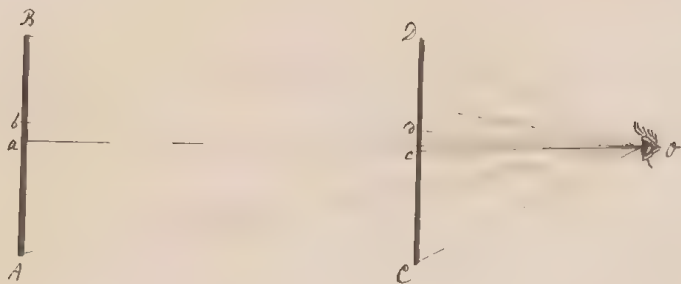
Na zasadzie tego, co poprzedziliśmy w artykule poprzednim, znajdziemy obraz punktu \underline{B} , tworzony przez soczewkę; przypadnie on w miejscu \underline{b} . Obraz punktu \underline{A} przypadnie w miejscu \underline{a} (tutaj), a w \underline{ab} utworzy się przeto całkowity obraz przedmiotu \underline{AB} . Oko, umieszczone w \underline{O} , otrzyma od każdego punktu przedmiotu \underline{AB} snopek promieni, który przypisze odpowiedniemu punktowi obrazu \underline{ab} ;

np. snopek \underline{mm} , pochodzący z \underline{A} , punktowi \underline{a} ; snopek \underline{nn} , pochodzący z \underline{B} , punktowi \underline{b} i t. d.

Z rysunku 187-go widzimy, że obraz \underline{ab} jest większy, niż przedmiot \underline{AB} . To jednak bynajmniej nie objaśnia, dlaczego soczewka "powiększa" (jak się mowi zazwyczaj); albowiem obraz \underline{ab} jest, ~~choć~~ ^{choć} większy niż \underline{AB} , jednak od oka znajduje się dalej. Żeby zrozumieć, co właściwie sprawia soczewka, trzeba zwrócić co następuje.

Pozorną wielkość przedmiotów oceniamy według kąta, jaki tworzą w oku promienie, idące od brzośców przedmiotów. Nazywamy ten kąt kątem widzenia danego przedmiotu. Na rys. 188-ym np. kątem widzenia przedmiotu \underline{AB} jest \underline{AOB} , przedmiotu \underline{CD} jest \underline{COD} i t. d. Im bardziej zbliżymy do oka dany





Rys. 188.

przedmiot, ten kąt widzenia staje się znacząco-
niejszy i ten dokładniej, ten bardziej szczegółowo
widzimy ten przedmiot. Przyczyna tego jest
prosta. Gdy dwa promienie tworzą w oku
pewien kąt bardzo mały, nie możemy ich
od siebie odróżnić. Jestli np. $\angle O$ i $\angle O$ tworzą
taki kąt $\angle O$ bardzo mały, nie możemy rozróżnić
punktów b i a (^{uważanego} przedmiotu w położeniu AB (rys.
188)). Jestli przedmiot zbliżymy, np. do CD ,
teżsame punkty c, d wywołają promienie CO, DO

które utworzą kąt $\angle COD$, większy od $\angle AOB$, i dostateczny, abyśmy rozróżnili punkty c, d uważanego przedmiotu.

W zbliżaniu tem znajdujemy, jak z codziennego doświadczenia wiadomo, pewną granicę. Oko nor-
malne i zdrowe widzi najlepiej w odległości 25 cm mniej więcej; gdy próbujemy ~~przysunąć przedmiot~~
~~tem jeszcze bardziej zbliżyć~~ (^{przeglądać z przedmiotem}) widzimy obrazy niejasne, jak gdyby rozmyte.

Powróćmy teraz do obrazu ab , przedmiotu AB , utworzonego przez soczewkę, rys. 187. Zbudujmy kąty
widzenia z obrazu i przedmiotu: $\angle aOb$ i $\angle AOB$, jak to widzimy na rys. 189, gdzie wystukie litery odpowi-
dają literom na rys. 187. poprzednio. Przekonamy się, że te



dwa kąty są ^{sobie} równe ~~te~~ prawie zupełnie dokładnie. So-
czewka więc właściwie wcale nie powiększa. Lecz usuwamy
soczewkę ~~dalej~~ z pomiędzy przedmiotu i oka; przekonamy
się, że bezpośredni obiektem widzimy (^{obraz} AB ~~nie~~ niejasny,
jak gdyby rozmyty; AB na rys. 187. ~~przysunąć~~ się od oka

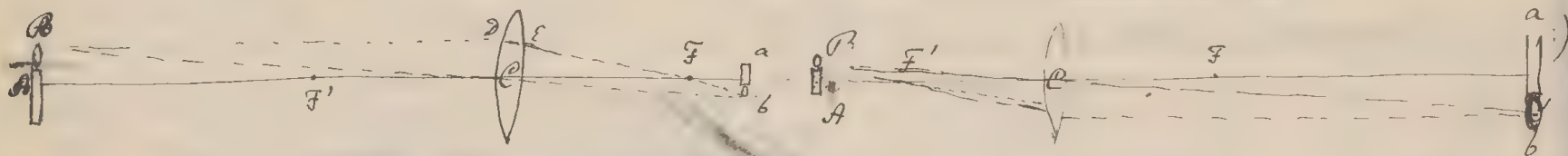
blżej niż w odległości najlepszego widzenia; blżej niż 25 cm,

jestli oko jest normalne i zdrowe. ~~Przysunąć, przysunąć~~ (^{imnowiększające} Trzymamy oko i soczewkę w taki sposób, aby obraz
ab ~~przedmiotu~~ ~~przypadał~~ w odległości najlepszego widzenia; ~~jak to~~ możemy ~~przysunąć~~ ^{to sprawdzić na kartce soczewki} bezpośrednio ~~Przysunąć~~
Przy czytaniu np. książki, zbliżamy ją do oka tak, żeby papier ~~przypadał~~ w odległości najlepszego na-
szego widzenia; ~~jak to~~ gdy patrzymy przez soczewkę, ~~przysunąć~~ obraz ^{ab} / a nie przedmiot AB jest tem, na co
patrzymy, ustawiamy i wice oko i soczewkę tak, żeby obraz ~~przypadał~~ w odległości najlepszego naszego widzenia.



W obu poprzedzających artykułach przyjmowaliśmy, że przedmiot rozpatrywany przez szkło powiększające, ~~zob.~~ i przez soczewkę wypukłą, znajduje się w niewielkiej od niej odległości, podczas gdy ~~cała strona~~ ^{cała} przedmiotu z przeciwnej strony patrzyło nań na wskroś przez soczewkę. Promienie wychodzące ze soczewki i wstępowały do oka wzbicie, tak jak gdyby źródło ich był obraz utworzony przez soczewkę, a nie sam przedmiot.

Gdybyśmy jednak odwrócić przedmiot znacznie dalej od soczewki wówczas promienie wychodzące z niej zbierają się, przecinają się za soczewką. Wszakże widzieliśmy w art — że promienie stonurujące padające na soczewkę, przechodzą przez nią, zbierają się w jednym miejscu (fig —) tworząc ognisko F . ~~Tę ognisko, poza od której~~ ~~przechodzą promienie padające, się zbierają i przechodzą się~~ ~~zbieżne jest drugie ognisko F' (fig —) soczewki, które z tej strony~~ ~~były promienie wychodzące ze soczewki zbierają~~, wystarczy umieścić przedmiot w odległości większej odległości od soczewki aniżeli jej ognisko F , n.p. tak jak na rys — i rys —



rys — (n.p. świeca zapalona)

rys —

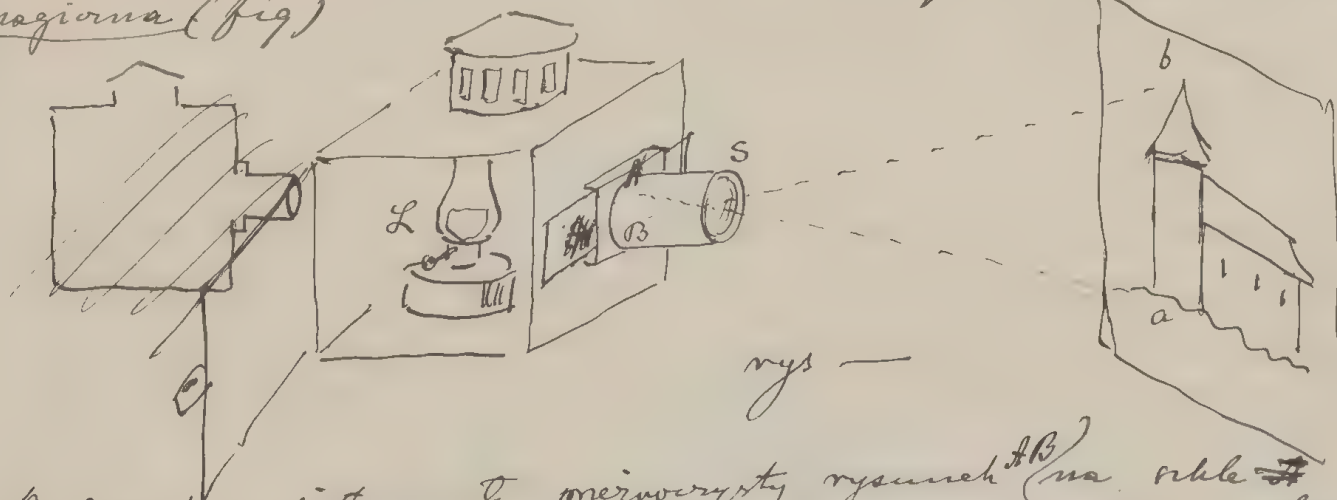
Na rys — przedmiot AB jest duży, znajduje się daleko od soczewki. Kształt, jak w art — promienie równoległe do osi i promienie BC do środka soczewki. Dotrzymamy, że najprościej przez soczewkę one teraz przecinają się w punkcie b . W ab powstaje mały odwrócony obraz przedmiotu AB . Obraz taki, powstający z przecięcia się składowych promieni narysowany rzeczywisty, gdybyśmy bowiem umieścili w odpowiedniej odległości za soczewką kartkę białego papieru albo białe matowe zobaczymy na niej mały odwrócony wizerunek świecy.

Na rys — przedmiot AB jest mały, ale jednocześnie jest znacznie bliżej niż ab do soczewki zbliżony; znajduje się od niej niewielką dalej, aniżeli jej ognisko F' . Pomajemy łatwo, że przypadek ten jest odwróceniem poprzedniego. Gdybyśmy na rys (popr.) przyjęli ab za przedmiot, AB byłoby jego obrazem. Podobnie na rys — mały przedmiot AB , ustawiony całkiem przed ogniskiem F' daje obraz ab powiększony znacznie, odwrócony.

Jeżeli przedmiot jest ustawiony w większej od soczewki odległości aniżeli jej ognisko, tworzy się ^{po przeciwnej stronie soczewki} ~~zawieszony~~ obraz niewypisty, równo odwrócony. Obraz ten jest ^{bardziej} umniejszony. Jeżeli przedmiot ~~jest~~ ^{jest} odległy, powiększony, wielki przedmiot ustawiony blisko ogniska.

Jeżeli przedmiot jest ustawiony bliżej soczewki aniżeli jej ognisko, wówczas powstaje obraz powiększony, niewypisty, równo odwrócony. (pat. w art — i obrar. badanie powiększenia tworzącego się obrazu powiększonego i tej samej strony co i przedmiot.)

Znaniem dobre zastorowania obrarów nieoryginalnych jest latawnia
magiczna (fig)



rys —

Predmiotem jest mały przewidywany rysunek (na szkle ~~z~~ umieszczony przed soczewką S (mieso dalej niż jej ognisko) oświetlony silnie potonieniem lampy L, uległej w blaskanej latawni. Rysunek ten zakłada się w potonieniu odwróconem. Na ścianie naprzeciwko powstaje wówczas duży obraz ~~tego~~ nieoryginalny tego rysunku, na który może patrzeć jednocześnie wiele osób (~~które~~ Natomiast obraz porówny szkła pomniejszającego ~~obrazu~~ ^{art. kyp. obrazu} może widoczny jest tylko dla oka przygotowanego do soczewki). Obrazy latawni magicznej odpowiadają przypadkowi objaśnionemu na rys —.

Zastorowaniem przypadku rysunku — jest równo przynad
fotograficzny (rys —) jest to drewniana lub metalowa skrytka M.



W przedniej ścianie ~~apertury~~ umieszczona jest soczewka ~~z~~ wypukła S; tylna ściana, naprzeciw soczewki otwarta jest z matowej syby szklanej.

Predmiotem jest odległy

budynki, albo krajobraz, albo osoba. Soczewka tworzy obraz nieoryginalny, zmniejszony i odwrócony na sybie matowej. Obraz ten można utrwalic zapomocą fotografii. Wyjmuje się sybę matową, a na jej miejsce wstawia się płytkę szklaną, na której jest przeprowadzona warstwa kleju (zestępnego), zmniejszonego z bromkiem srebra. Ciąto to zakłada się pod wypływem światła, a jeżeli światło jest tak rozmieszczone iż tworzy obraz budynku lub osoby, wówczas obraz ten

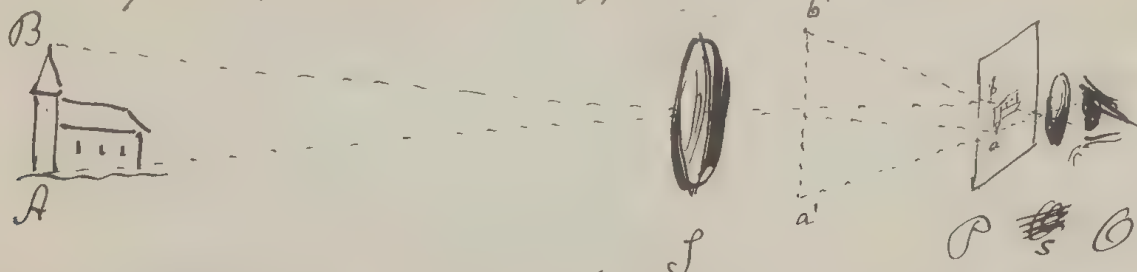
(F wydzielając srebro, w postaci ciemnego prunku) rysuje się na płytce szklanej. Reszta to jednak t.w. ujemny rysunek albo negatywa. Wyjaśnijmy bowiem innego obraru wydzielony najwięcej srebrnego prunku, wydają się zatem ciemne; ciemne natomiast części obraru (drewna, ciemne ubranie itp) nie wydzielają bromku srebra, który w tych miejscach pozostaje przewidywany. Bromek srebra zmniejszony wypłókuje się następnie z płytki (roztworem podziarowym sodu go w wodzie) przez co, jak powiedziano, rysunek fotograficzny utrwala się

do maczy przestaje być wrażliwym na światło

Żeby otrzymać rysunek podobny do do rękodu światła do przedmiotu (t.j. w. rysunek ^{wzrostu} dążyć albo porządku) ^{wystający} należy ptykły fotograficzny z kopionac. Podłoża się pod nią, kartka papieru pokrywa na której równo jest rozproszona warstewka soli srebrnej, oświeconej pod działaniem światła. Pod jejem, pierwszemu, oświeconemu obrotu ptykły papier srebrniejszy, nie zmienia się natomiast pod ten, które na negatywie były ciemne. Tym sposobem otrzymujemy na papierze wierny wizerunek przedmiotu ~~z~~ który myślimy utrwalic w podobny sposób jak utrwalono negatywy, t.j. mieć słowem, fotografis. —

§. — Luneta

Wierny obraz, słowem, wypunktów P (rys. —) zwrócony jest w jasnym.



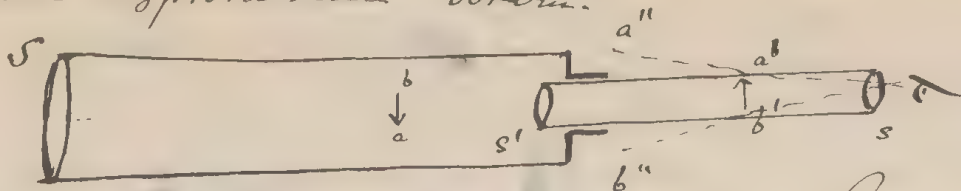
Kolwiek odległość przedmiotu AB (budynku, księży, ~~nabo gwiazdy itp.~~) za soczewką ustawioną (blisko jej ogniska) matową ptykły kulana P . Zobaczymy na niej, zupełnie jak w przypadku fotograficznym odwrócony obraz $a'b'$ tego przedmiotu. Lecz, jeżeli przedmiot jest bardzo odległy, to obraz $a'b'$ będzie bardzo mały. Aby ~~z~~ wypunktów P zobaczyć rozstraszony światło powiększające. Ustawimy tedy za ptykłą matą, ale silnie wypunktów soczewkę S' , tuż za nią, oko O . Zobaczymy wówczas, jak to było myślnie małe w $a'b'$ — powiększony obraz $a'b'$ obrazu ab .

Ptykła matowa jest oczywiście zbyteczna. Nieważny jest na bok, będziemy wciąż widzieć powiększony obraz $a'b'$ obrazu rzeczywistego ab , a nawet będziemy widzieć go wyraźniej i jaśniej, bo ptykła zabierała nam pierwszej doro światła. Promienie będą teraz szły wprost od źródeł soczewki S do maty S' . Będą się wciąż przecinały w punkcie a i b , będą tam także tworzyć obraz rzeczywisty, ale obraz ten tworzy się będą w powietrzu, nie zobaczymy go patrząc z boku. Patrząc wprost, w kierunku promieni, zaponow, powiększającego światła S , dostanemy go jako obraz $a'b'$.

Takie dwie soczewki, dwie S ~~stale~~ i mata silnie powiększająca S' opawione w metalową ~~lub drewnianą~~ rurę stanowią lunetę. Luneta służy do oglądania przedmiotów oddalonych. Patrząc głównie okiem ~~dostanemy~~ na przedmiot długi ~~fokusek~~ ^{n.p. na prawo} ^{widzimy} ^{je} pod tak małym kątem widzenia, że nie podobna odróżnić szczegółów, nie podobna zobaczyć powiększonych liści. Luneta pokazuje nam ten przedmiot pod kątem widzenia ($a'b'$), znacznie większym, powiększa go jak mówimy. W obrazie powiększonym

odróżniamy z latwością komety, gwiazdy, liście i.t.p. Nieocenione
ustęgi luneta oddaje astronomom, pozwala bowiem widzieć na powierzchni
ciał niebieskich (słońca księżyca planety) tak drobne szczegóły, jakich
nie zobaczymy nigdy gołym okiem (gwiazdy stałe są tak odległe,
że nawet w najpotężniejszych lunetach wyglądają jak punkty świecące).

Luneta wrzuciła tak, jak to właśnie opisaliśmy, polecamy
obraz odwrócony, drzewo przedstawia się w luncie korona, na dół
korzeniem do góry odwrócone. W spotkaniach astronomów
taka odwrócenie obrazów bynajmniej nie przeszkadza. Do oglądania przedmiotów
na ziemi można wygodnie lunetę jeszcze jedną soczewką, której
zadaniem będzie wyprostowanie obrazu.

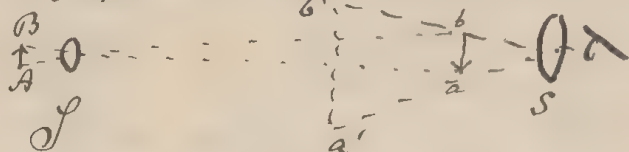


Taka luneta, razem z pryzmą, okazuje rys — soczewka S (zwana
obiektywem) tworzy w powietrzu mały odwrócony obraz ^(nieprawy) ab przedmiotu
odległego AB, którego nie pomniejszono na rys. Druga soczewka S' tworzy z tego
obrazu nowy obraz nieprawy a'b', nie powiększając go wcale, ale obraz
ten jest już prosty. Wreszcie oko patrzy na ten obraz przez szkło po-
większające S i dostaje obraz a''b'', porówny, prosty i powiększony.

S. — Mikroskop.

Obraz nieprawy tworzy się w luncie odpowiada przysiadłowi objaśnio-
nemu w art — rys — ktem — przedmiot jest duży odległy, obraz tworzy
się odwrócony, mały blisko ogniska soczewki. Drugi z omówionych
w art — przysiadłowi znajduje zastosowanie w mikroskopie.

Wierzymy soczewkę małą ale możliwie silnie wypukłą
rys — Wstawimy przed nią, jakkolwiek drobne ciało n.p. ziarnko piasku



AB w odstępach od soczewki co najmniej większym niż odstęp jej
ogniska. Wiemy z art — że w tych warunkach soczewka
utworzy po przeciwej stronie obraz nieprawy, silnie
powiększony i odwrócony ab. Zarzucimy i ten jeszcze obraz, nim
powiększenia, będzie bardzo mały. Łatwiej więc, podobnie
jak to czyniliśmy w art — (popr) do oglądania tego obrazu
soczewką S, jako szkło powiększające. Zobaczymy wówczas silnie
powiększony obraz prosty a'b'.

Takie dwie soczewki, mała ale silnie wypukła i druga działająca jako szkło
powiększające tworzą razem mikroskop t.j. przystosowany do oglądania przedmiotów nader drobnych,
gołym okiem zaledwie widocznych. Wzrost mikroskopu, razem z odpowiednią
oprawą, objaśnia rys — S. Mały przedmiot klarowny, na szkiełku płycie szklanej, której bliźniakiem
na stolem i majacym w środku otwór. Umieszczone pod otworem lustro L odbija
światło do góry i oświetla przedmiot. Nad soczewką umieszczona rura metalowa w której oprawione soczewki.

1. The first step in the process of the
2. The second step is the
3. The third step is the

✓ The first step in the process of the
a = the first step in the process of the

§ 167. Widma powstające przez pochtanie.

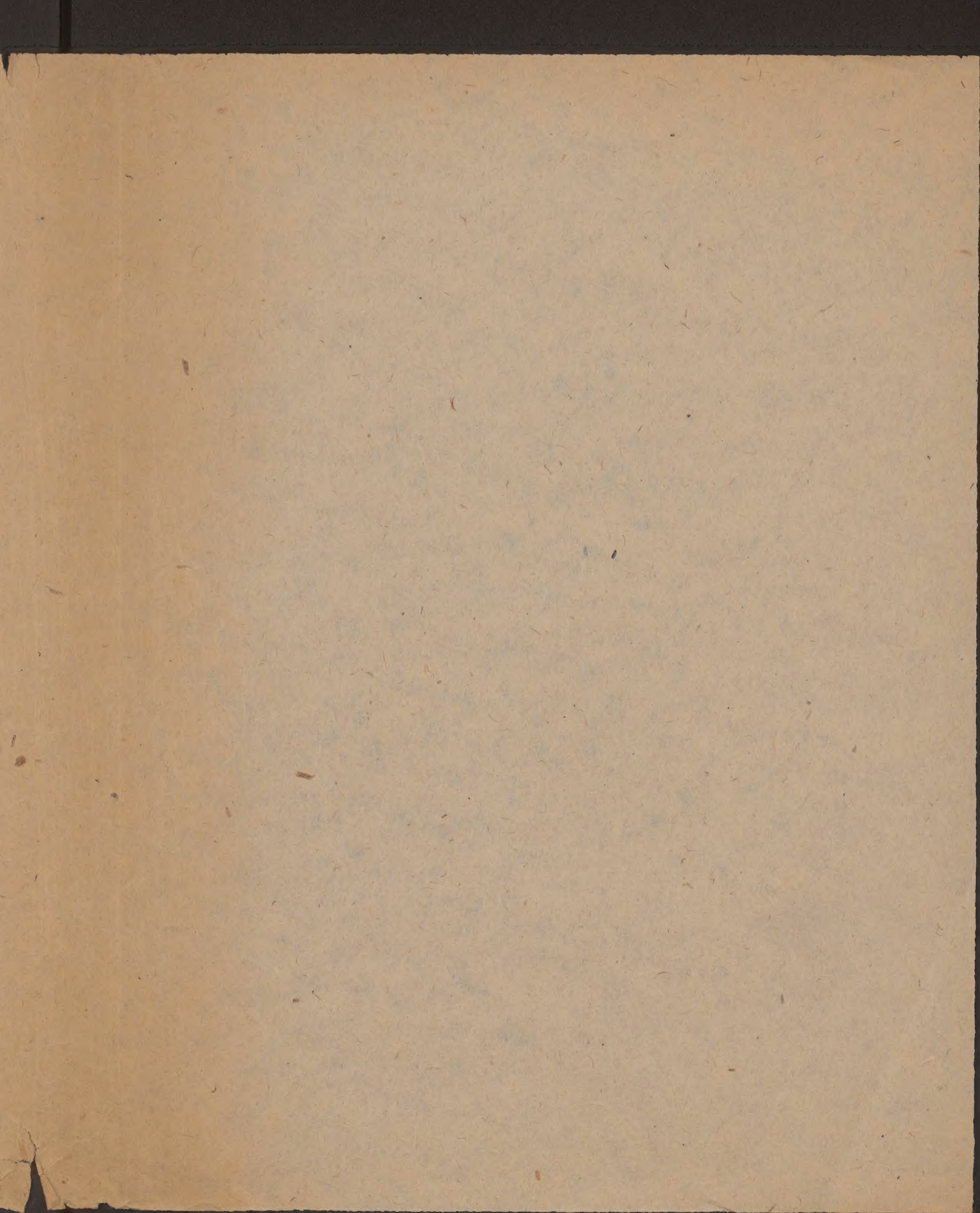
Łamkniemy ścieg powietrza w ~~naszym~~ palniku gazowym; płomień staje się wówczas jasny i mocno świeący. Taki płomień daje, jak wiemy, ~~światło~~, widno zupełne, wykazujące promienie wszystkich barw, czyli ciągłe. Weźmy teraz drugi palnik i utworzony, postępując się nim, płomień „sodowy”, opisany w artykule poprzednim. Umieścimy ten drugi płomień ~~podobnie~~ w taki sposób, żeby ~~promienie~~ ~~te~~ promienie z pierwszego, świeącego płomienia, xanim ~~zapała~~ na soczewkę i pryzmat, w którym się ^{zstępuje i rozpraszają} rozpraszają. ^(zstępuje i rozpraszają promienie sodowy) Zbadajmy widno, które wytworzy się teraz. Przekonamy się, że tworzy się widno zupełne, czyli ciągłe, jak przestem, lecz przecięte ciemną pręgą w części iółto pomarańczowej, ^{jak na} rys. 194, II. Widno to wykazuje więc obecność promieni wszystkich barw i tamliwości, ~~oprócz~~ ^{właśnie} promieni tej właśnie tamliwości, jaka odpowiada linii λ w widnie. Ta to ~~cała~~ ^{właśnie} ~~cała~~ promienie, jakie wysyła płomień sodowy, jak przekonaliśmy się w artykule poprzednim. ~~Jeżeli~~ ^{Jeżeli} obecny płomień świeący znajduje się tam, gdzie poprzednio umieszczony był płomień sodowy i wszystkie inne przyrządy zajmują takie same położenia, wówczas linia λ ciemna (na rys. 194, II) przypadnie dokładnie w temsamem miejscu ^{widna} ~~cała~~, w którym pojawia się linia λ jasno świecąca w doświadczeniu poprzednim (rys. 194, I). Innemi słowy: linia λ jasna i ciemna, zgaśzają się z sobą, i dokładnie. Ktąd wnosimy, że płomień sodowy pochtania czyli powstrzymuje takie dokładnie promienie λ , które sam przez się jest zdolny wysyłać. Do miejsca λ ^(na) ~~rys. 194, II~~ ^{rys. 194, II} dochodzą teraz widocznie tylko te promienie, które wysyła płomień drugi, sodowy; do wszystkich innych miejsc widna dochodzą promienie z pierwszego, świeącego płomienia; pierwsze promienie mają natężenie nieporównanie słabsze, niż promienie drugie; ^{więc} miejsce λ , oświetlone nieporównanie słabiej, wydaje się ~~ciemne~~ ciemne czyli ciemne.

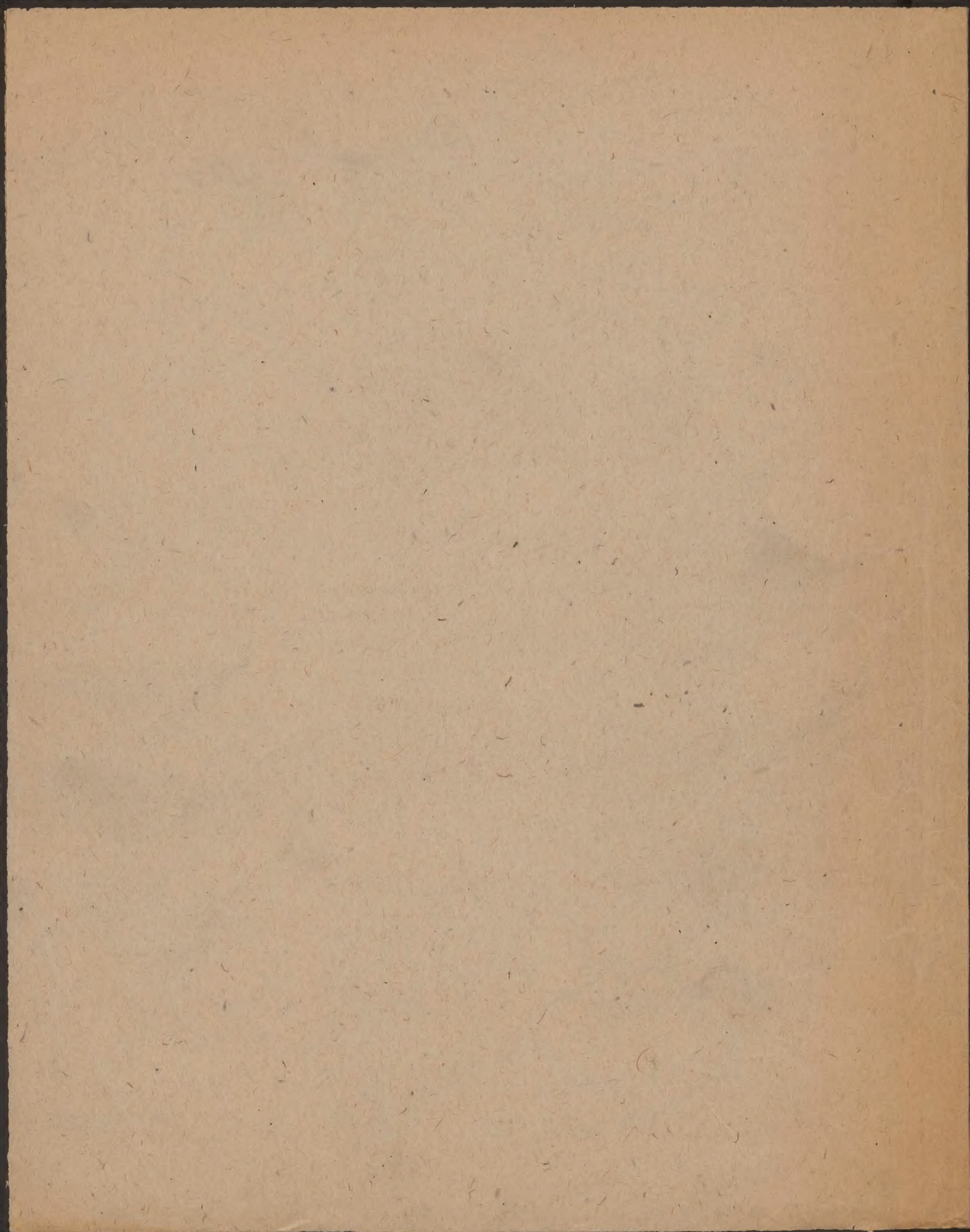
Wytworzyliśmy zatem sztucznie widno, mające charakter słonecznego widna; otrzymaliśmy mianowicie widno zupełne, ciągłe, lecz przecięte ciemną pręgą sodu. Gdybyśmy wprowadzili do drugiego palnika, pochtającego światło, inne metale i związki, moglibyśmy wytworzyć podobnie wiele kolorów przez ciemnych, jakie widzimy w widnie słonecznym. Ktąd zatem wnosimy, że











Whit

